This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.

Digitized by Google

Eng 318.94F

GODF

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

COMMISSION DES MÉTHODES D'ESSAI

DES

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

DEUXIÈME SESSION

TOME I

DOCUMENTS GÉNÉRAUX

PARIS

IMPRIMERIE NATIONALE

Vve DUNOD, ÉDITEUR, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

1900

366

Digitized by Google

Eng 318.94F
~~Eng 319.00F~~
Eng 7a/3

HARVARD UNIVERSITY
SCHOOL OF ENGINEERING

JUN 20 1917
TRANSFERRED TO
HARVARD COLLEGE LIBRARY

~~430.52~~
3
4

France — Commission des méthodes d'essai des materiaux de construction.

Digitized by Google

CONSTITUTION

DE

LA COMMISSION DES MÉTHODES D'ESSAI

DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Digitized by Google

Digitized by Google

RAPPORT

DE M. YVES GUYOT, MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS,

AU PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE.

Paris, le 9 novembre 1891.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

A la suite de l'Exposition universelle de 1889, deux des Congrès internationaux réunis à Paris à cette occasion m'ont adressé communication de vœux de portée analogue sur des objets de nature semblable bien que non identique.

D'une part, en effet, le Congrès international des procédés généraux de construction émettait le vœu de voir déterminer les règles qui, dans tous les pays, devraient être uniformément admises pour le contrôle et la réception des chaux et ciments; d'autre part, le Congrès de mécanique appliquée, visant plus spécialement les métaux, émettait le vœu que le Gouvernement français prît, auprès des Gouvernements étrangers, l'initiative de la réunion d'une Commission internationale ayant pour mission de choisir les unités communes destinées à exprimer les différents résultats des essais de matériaux et d'introduire une certaine uniformité dans les méthodes d'essai.

Toutes les personnes qui, à des titres divers, s'occupent de la question des matériaux de construction reconnaissent depuis longtemps déjà l'importance, aussi bien théorique que pratique, de l'uniformisation des essais des divers éléments des constructions publiques ou privées. Des données identiques, dans leur apparence numérique, sur une résistance ou un allongement, peuvent, en réalité, correspondre à des qualités très différentes des matériaux essayés, suivant qu'on aura fait ou négligé certains essais et suivant que ceux auxquels on aura procédé auront été faits avec certaines dimensions ou formes d'échantillons, ou même avec certaines machines employées suivant certains procédés.

Sans doute les méthodes d'essai ne peuvent être immuables; elles doivent progresser avec nos connaissances sur les propriétés des matériaux que nous employons, avec les améliorations apportées à la production de ces matériaux, avec la mise au jour de nouvelles matières, etc. On comprend d'ailleurs que, pour une même catégorie de matériaux de construction, on impose des conditions quelque peu différentes d'un pays à un autre, d'une administration à une autre, quelquefois même d'un cahier des charges à un autre dans le même service public, quand les circonstances de l'emploi présentent des différences notables.

Digitized by Google

Mais il est incontestable — et l'accord des deux Congrès le montre bien — qu'il y a un grand service à rendre, tant aux industries qui fabriquent les matériaux de construction qu'aux entreprises qui les mettent en œuvre et aux particuliers comme aux États pour lesquels les travaux sont exécutés, en déterminant quelles sont *actuellement* les méthodes d'essai à recommander et surtout en définissant d'une façon suffisamment solennelle pour qu'elles s'imposent à tous, *pour le présent et pour un avenir plus ou moins long*, les formes des essais et les unités à prendre comme termes de comparaison.

Il est un précédent qui, à cet égard, porte avec lui un double enseignement : c'est celui relatif aux unités électriques et au Congrès international des électriciens qui les a déterminées. La France a eu l'honneur de provoquer les conférences qui ont abouti à fixer par un accord international les unités électriques et leurs mesures; personne ne s'étonnerait qu'en ce qui concerne les essais des matériaux de construction et la définition de leurs unités, elle prît une initiative analogue.

Ceux de mes collègues qui ont dans les attributions de leur Département l'exécution de constructions importantes, M. le Président du Conseil, Ministre de la Guerre, M. le Ministre de l'Intérieur, M. le Ministre des Finances, M. le Ministre de la Marine, M. le Ministre de l'Agriculture, M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie et des Colonies, ont pensé, comme moi, qu'il y avait lieu de commencer par chercher, pour la France seule, à poser les bases d'une uniformisation des méthodes et des unités de mesures en matière d'essais des matériaux. Nous avons donc ouvert une conférence entre les représentants désignés [1] des directions techniques des divers ministères civils ou militaires intéressés, et spécialement du Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies qui a dans ses attributions les questions relatives au progrès de l'industrie française, afin d'étudier les mesures à prendre pour nommer une Commission de techniciens français qui serait chargée de formuler les principes des règles uniformes à adopter dans l'essai des matériaux de construction, et notamment des métaux et des matières d'agrégation des maçonneries.

Cette Commission pourrait fournir plus tard les éléments de la section

---

[1] Les membres désignés par les différents ministères étaient :

1° MINISTÈRE DE LA GUERRE.

MM. le Général de brigade Borius, Commandant l'École polytechnique, membre du Comité technique du Génie;

le Colonel Deloye, Chef du 2e bureau (Matériel) de la Direction de l'Artillerie.

2° MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR.

M. Bouffet, Conseiller d'État, Directeur des Affaires départementales et communales.

3° MINISTÈRE DES FINANCES.

M. Dedize, Ingénieur en chef du Service central des Constructions (Manufactures de l'État).

4° MINISTÈRE DE LA MARINE.

MM. Godron, Directeur des Constructions navales, chargé du service de la surveillance des travaux confiés à l'industrie;

Renaud, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, adjoint à l'Inspection générale des Travaux maritimes;

Digitized by Google

française d'une Commission internationale, si l'utilité de la constitution d'une Commission internationale était définitivement reconnue.

Nous n'avons pu comprendre dans la Commission toutes les personnes qui, par leurs études et leurs travaux, ont acquis une compétence reconnue en cette question si importante des essais des matériaux de construction; il a fallu faire un choix parmi les spécialistes français les plus éminents en matière d'essais de matériaux, les représentants des administrations techniques de l'État, des grandes compagnies de chemins de fer, de l'industrie métallurgique, de l'industrie des constructions métalliques, de l'industrie des chaux et ciments, etc. Chacune des administrations de l'État intéressées dans la question a naturellement désigné ses délégués; la Société centrale des Architectes français, la Société des Ingénieurs civils et le Comité des Forges de France ont été consultés pour le choix des membres qui doivent représenter les intérêts dont ces Sociétés et Comité sont les organes autorisés. La Commission pourra d'ailleurs recevoir toutes communications écrites, et peut être même orales, non seulement des membres qui la composeront, mais des personnes compétentes qui auraient à présenter des propositions ou observations importantes.

J'ai donc l'honneur de présenter à votre signature le projet de décret ci-joint.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mon profond respect.

Le Ministre des Travaux publics,
YVES GUYOT.

M. le Colonel d'Artillerie de marine DE LA ROCQUE, Directeur du Laboratoire central et Inspecteur des fabrications de l'Artillerie de marine.

5° MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE.

MM. PHILIPPE, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Hydraulique agricole;
DAUBRÉE, Directeur des Forêts.

6° MINISTÈRE DU COMMERCE, DE L'INDUSTRIE ET DES COLONIES.

MM. FAURE-DUJARRIC, Architecte-Inspecteur des services extérieurs du Ministère;
RAYMOND, Directeur de l'École professionnelle des Postes et Télégraphes.

7° MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

MM. GAY, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Conseiller d'État, Directeur des Chemins de fer;
GUILLAIN, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Conseiller d'État, Directeur des Routes, de la Navigation et des Mines;
Jules COMTE, Directeur des Bâtiments civils et des Palais nationaux.

La Conférence était présidée par M. Gay, Conseiller d'État, Directeur des Chemins de fer au Ministère des Travaux publics.

M. DEBRAY, Ingénieur des Ponts et Chaussées, avait été adjoint à la Commission, en qualité de Secrétaire, avec voix consultative.

Digitized by Google

Digitized by Google

DÉCRET

INSTITUANT

LA COMMISSION DES MÉTHODES D'ESSAI

DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

(9 novembre 1891.)

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport du Ministre des Travaux publics,

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER.

Il est institué, près le Ministère des Travaux publics, une Commission technique qui aura pour mission de formuler les règles uniformes à adopter dans l'essai des matériaux de construction et de déterminer les unités à prendre comme termes de comparaison.

Cette Commission se subdivisera en deux Sections :

Une 1re Section étudiera les questions relatives aux métaux.

Une 2e Section étudiera les questions relatives aux matériaux de construction autres que les métaux (matières d'agrégation des maçonneries, etc....).

ART. 2.

Sont nommés membres de ladite Commission :

Président :

M. Alfred PICARD, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur général honoraire des Ponts et Chaussées, des Mines et des Chemins de fer, Président de Section au Conseil d'État.

Vice-Présidents :

MM. le Général BORIUS, Commandant l'École Polytechnique, Membre du Comité technique du Génie;

HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Inspecteur général des Mines, Directeur de l'École nationale supérieure des Mines, Membre de l'Institut.

Digitized by Google

A. — Section des métaux.

MM. Anthoine. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

B. — Section des matériaux autres que les métaux.

(Matières d'agrégation des maçonneries, etc.)

MM. Alexandre. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

Secrétaire général :

M. Debray, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur adjoint des laboratoires à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Secrétaires :

MM. Terré. . . . . .
. . . . . .
. . . . . .

Les secrétaires participeront aux travaux des deux Sections et de la Commission avec voix délibérative.

ART. 3.

Le Ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le neuf novembre mil huit cent quatre-vingt-onze.

Signé : CARNOT.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

Signé : Yves GUYOT.

Digitized by Google

DÉCRET

CONSTITUANT

LES BUREAUX DES DEUX SECTIONS

DE LA COMMISSION DES MÉTHODES D'ESSAI DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

(26 décembre 1891.)

LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE,

Sur le rapport du Ministre des Travaux publics;

Vu le décret, en date du 9 novembre 1891, instituant près du Ministère des Travaux publics, une Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction, divisée en deux Sections:

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER.

Sont nommés Présidents et Vice-Présidents des deux Sections de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction :

A. — Section des métaux.

Président :

M. le Général GRAS, Commandant l'Artillerie du 6e corps d'armée.

Vice-Présidents :

MM. POLONCEAU, Président de la Société des Ingénieurs civils;
GODRON, Directeur des Constructions navales;
FÉNOUX, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

B. — Section des matériaux autres que les métaux.

Président :

M. GUILLEMAIN, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Digitized by Google

Vice-Présidents :

MM. Charles GARNIER, Membre de l'Institut, Vice-Président du Conseil général des Bâtiments civils, Président de la Société centrale des Architectes français;

DURAND-CLAYE, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Professeur et Directeur du laboratoire à l'École nationale des Ponts et Chaussées;

BRÜLL, Ingénieur civil, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils.

ART. 2.

Le Ministre des Travaux publics est chargé de l'exécution du présent décret.

Fait à Paris, le vingt-six décembre mil huit cent quatre-vingt-onze.

Signé : CARNOT.

Par le Président de la République :

Le Ministre des Travaux publics,

Signé : YVES GUYOT.

Digitized by Google

Par suite de mutations faites par décrets présidentiels ou par décisions ministérielles, la Commission est composée ainsi qu'il suit, à la date du 8 juin 1900 :

Président :

M. Alfred Picard, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur général honoraire des Ponts et Chaussées, des Mines et des Chemins de fer, Président de Section au Conseil d'État, Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900.

Vice-Présidents :

MM. le Général Borius, Général de division, Président du Comité technique du Génie;

Haton de la Goupillière, Inspecteur général des Mines, Directeur de l'École nationale supérieure des Mines, Membre de l'Institut.

Secrétaire général :

M. Debray, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ancien Professeur et Chef du service des Laboratoires à l'École nationale des Ponts et Chaussées, Directeur de la Compagnie des Tramways de l'Est parisien.

Secrétaire général adjoint :

M. Mesnager, Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef du service des Laboratoires à l'École nationale des Ponts et Chaussées.

Secrétaires :

MM. Terré, Ingénieur en chef du Génie maritime;

Gandillot, ancien Capitaine d'artillerie;

Deslandres, Ingénieur des Ponts et Chaussées;

Rateau, Ingénieur des Mines.

A. — Section des métaux.

Président :

M. Gras, Général de division, Président du Comité technique de l'artillerie.

Vice-Présidents :

MM. Lemaire, Directeur du Génie maritime, Directeur du Service de la surveillance des travaux confiés à l'industrie;

Ricour, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'École nationale des Ponts et Chaussées, Vice-Président du Comité de l'exploitation technique des chemins de fer;

N....

Digitized by Google

Membres :

MM. Anthoine, Ingénieur des Arts et Manufactures, Chef du service de la Carte de France au Ministère de l'Intérieur;

Arbel (Pierre), maître de forges;

Baclé, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines;

Barba, ancien Ingénieur du Génie maritime, ancien Ingénieur en chef des usines du Creusot;

Bertrand de Fontviolant, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Lauréat de l'Institut;

Bès de Berc, Directeur des constructions navales à Rochefort;

Bodin, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-chef des constructions métalliques à la Société de construction des Batignolles, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Membre du Comité de la Société des Ingénieurs civils;

Bourgneuf, Général de division, Inspecteur général permanent des fabrications de l'Artillerie;

Bouvard, Architecte du Gouvernement et de la Ville de Paris, Chef des services d'architecture à l'Exposition universelle de 1900, Membre du Conseil général des Bâtiments civils;

Brustlein, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur-Directeur des Établissements Jacob Holtzer et Cie, à Unieux (Loire);

Carnot, Inspecteur général des Mines, Professeur à l'École nationale supérieure des Mines, Membre de l'Institut;

Challiot, Ingénieur en chef du Génie maritime, membre de la Commission des machines et du grand outillage au Ministère de la Marine;

Charpy, Ingénieur principal des usines Saint-Jacques à Montluçon;

Choron, Ingénieur en chef du Génie maritime, Membre du Conseil des Travaux de la Marine;

Clérault, Ingénieur en chef des Mines, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest;

Collignon, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite;

Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Correspondant de l'Institut;

Daymard, ancien Ingénieur du Génie maritime, Ingénieur en chef de la Compagnie générale transatlantique, Lauréat de l'Institut;

Debize, Ingénieur en chef du service central des Constructions et Manufactures de l'État;

Deharme, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef honoraire du Service central (Travaux) à la Compagnie des chemins de fer du Midi, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, Président des Conseils de cette École;

Deloye, Général de division, Directeur de l'Artillerie au Ministère de la Guerre;

Desdouits, Ancien ingénieur du Génie maritime, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à l'Administration des chemins de fer de l'État;

Durant, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Matériel, adjoint à l'Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans;

Dutert, Premier grand prix de Rome, Architecte du Gouvernement, Architecte du Palais des machines à l'Exposition universelle de 1889;

Flamant, Inspecteur général des Ponts et Chaussées;

Frémont, Ingénieur civil, Lauréat de l'Institut;

Digitized by Google

MM. Galopin, Chef de bataillon du génie, Commandant de l'École des chemins de fer;

Galy-Aché, Capitaine chargé des fonctions d'ingénieur au Laboratoire central de l'Artillerie de marine;

Gaudin, Colonel d'artillerie de marine, Directeur de l'artillerie à Dakar;

Gauckler, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, Président du Comité technique de la vicinalité au Ministère de l'Intérieur;

Genreau, Ingénieur en chef des Mines;

Gerbault, Lieutenant-Colonel d'artillerie de marine à la Direction de l'artillerie au Ministère de la Marine;

Gossot, Lieutenant-Colonel d'artillerie de marine, Directeur de l'artillerie à Madagascar;

Guillemin, Ingénieur, des Arts et Manufactures, Ingénieur métallurgiste;

Hartmann, Chef d'escadron d'artillerie, Directeur adjoint de l'Atelier de construction de Puteaux (Artillerie), Membre du Bureau national des poids et mesures, Membre du Conseil de l'Observatoire d'astronomie physique de Meudon;

Hirsch, Inspecteur général honoraire des Ponts et Chaussées, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers;

Léauté, Professeur à l'École polytechnique, Membre de l'Institut;

Lebasteur, ancien Ingénieur du Génie maritime, Ingénieur en chef à la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée;

Le Chatelier (André), Ingénieur en chef du Génie maritime, attaché au service de la surveillance des travaux confiés à l'industrie;

Lechien, Colonel d'artillerie de marine, Directeur du Laboratoire central de la Marine;

Lévy (Léon), Ingénieur en chef des Mines, Directeur de la Compagnie anonyme des forges de Châtillon, Commentry et Neuves-Maisons;

Lévy (Maurice), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Professeur au Collège de France et à l'École centrale des Arts et Manufactures, Membre de l'Institut;

Lévy (Michel), Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut;

Lisch (Just.), Inspecteur général des Monuments historiques, Architecte du Gouvernement et de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest;

Louis, Ingénieur en chef du Génie maritime, Directeur du service de surveillance des travaux confiés à l'industrie dans le bassin de la Seine;

Mengin, Chef d'escadron d'artillerie, Chef de l'atelier de précision de la Section technique de l'artillerie;

Meunier, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Ingénieur en chef de la Voie et des Bâtiments aux Chemins de fer de l'État;

Nansouty (Max de), Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Secrétaire de la Société des Ingénieurs civils;

Olry, Ingénieur en chef des mines, Directeur général de la Compagnie générale de Traction;

Osmond, Ingénieur des Arts et Manufactures;

Périssé, Ingénieur des Arts et Manufactures, ancien Vice-Président de la Société des Ingénieurs civils, Président de l'Association des industriels de France contre les accidents du travail, Inspecteur régional de l'Enseignement technique;

Piaud, Ingénieur de la Marine, ancien Ingénieur en chef du Bureau Véritas, Ingénieur de la maison Delaunay-Belleville;

Pillet, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, à l'École des Beaux-Arts, à l'École des Ponts et Chaussées;

Pollard, Ingénieur en Chef du Génie maritime attaché à l'Inspection générale du Génie maritime;

Digitized by Google

MM. Pourcel, Ingénieur civil des Mines, Ingénieur métallurgiste;

Pralon, Chef d'escadron d'artillerie attaché à la Section technique de l'artillerie;

Raymond, Administrateur honoraire des Postes et des Télégraphes;

Résal, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École nationale des Ponts et Chaussées;

Ruault, Lieutenant-Colonel d'artillerie de marine, Membre de la Commission des machines et du gros outillage au Ministère de la Marine;

Salomon, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, Vice-Président du Comité de la Société des Ingénieurs civils;

Sauvage, Ingénieur en chef des Mines, Ingénieur en chef adjoint du Matériel et de la Traction à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, Professeur à l'École nationale supérieure des Mines;

Sebert (Général), Membre de l'Institut, Administrateur de la Compagnie des Forges et chantiers de la Méditerranée;

Svilokossitch, Ingénieur civil;

Tongas, Inspecteur ingénieur des Télégraphes.

B. — Section des matériaux de construction autres que les métaux.

(Matières d'agrégation des maçonneries, etc.)

Président :

M. N...

Vice-Présidents :

MM. Durand-Claye, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite;

Brüll, Ingénieur civil, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils;

N...

Membres :

MM. Alexandre, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Secrétaire du Conseil général des Ponts et Chaussées;

Bouffet, Conseiller d'État;

Bourdais, Ingénieur des Arts et Manufactures, Architecte en chef des Bâtiments civils et Palais nationaux et de la Ville de Paris;

Bourry, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur conseil céramiste;

Brosse (De la), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées;

Candlot, Ingénieur civil, Directeur de la Compagnie parisienne des Ciments portlands artificiels, Président de la Chambre syndicale des chaux et ciments;

Clugnet, Directeur de la Manufacture des Tabacs de Châteauroux;

Coignet, Ingénieur civil, Président du Conseil d'administration de la Société des chaux et ciments de l'Aube;

Comte (Jules), ancien Directeur des Bâtiments civils et Palais nationaux;

Daubrée, Conseiller d'État, Directeur des Eaux et Forêts au Ministère de l'Agriculture;

Digitized by Google

MM. Denfer, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures;

Faure-Dujarric, Architecte du Gouvernement, Inspecteur des services extérieurs au Ministère du Commerce;

Feret, ancien Élève de l'École polytechnique, Chef du Laboratoire des Ponts et Chaussées à Boulogne-sur-Mer;

Gautier, ancien Élève de l'École polytechnique et de l'École des Ponts et Chaussées, exploitant de carrières;

Guérard, Inspecteur général des Ponts et Chaussées;

Guillain, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur honoraire des Routes, de la Navigation et des Mines, ancien Ministre des Colonies, Député;

Guillot, Agent Voyer en chef honoraire, Membre du Comité technique de la vicinalité;

Heim (F), Professeur agrégé d'histoire naturelle à la Faculté de médecine de Paris, Docteur ès sciences, chargé de la direction du Laboratoire de recherches scientifiques du Ministère du Commerce, à l'Office national du commerce;

Henry, ancien Élève de l'École polytechnique, Ingénieur civil des Mines, fabricant de ciment de laitier;

Huguet, concessionnaire des fours à chaux de Paviers (Indre-et-Loire);

Larivière, Ingénieur civil des Mines, Directeur de la Société des Ardoisières d'Angers (Larivière et Cie);

Lavocat, ancien Élève de l'École polytechnique, fabricant de ciment portland, Président de la Chambre syndicale des fabricants de ciment portland artificiel de France;

Le Chatelier (Henry), Ingénieur en chef des Mines, Professeur à l'École supérieure des Mines et au Collège de France;

Lerosey, Lieutenant-Colonel du génie, attaché à la Section technique du génie;

Mengin-Lecreulx, Inspecteur général des Ponts et Chaussées;

Merceron-Vicat, ancien Ingénieur des Ponts et Chaussées, Directeur de la Société Vicat et Cie, Vice-Président de la Chambre syndicale des fabricants de ciment portland artificiel de France;

Millot, Chef de bataillon du génie, Chef du génie à Fontainebleau;

Minard, Ingénieur des Ponts et Chaussées;

Monmerqué, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ancien Secrétaire de la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction;

Morel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Vice-Président de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail, Inspecteur régional de l'enseignement technique;

Philippe, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur de l'Hydraulique agricole au Ministère de l'Agriculture;

Quillot (Camille), propriétaire de l'Usine à ciment de Frangey (Yonne);

Quinette de Rochemont, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur du Service central des Phares et Balises;

Renaud (Georges), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Inspecteur général des travaux maritimes au Ministère de la Marine;

Siméon, ancien Élève de l'École polytechnique, Représentant de la Société J. et A. Pavin de Lafarge;

Tavernier (De), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées;

Thil, Inspecteur des Eaux et Forêts;

Digitized by Google

MM. Trélat (Émile), Directeur de l'École spéciale d'architecture, Professeur honoraire au Conservatoire national des Arts et Métiers, Architecte en chef honoraire du département de la Seine, ancien Président de la Société des Ingénieurs civils et de la Société de médecine pratique, ancien député;

Vaudremer, Prix de Rome, Membre de l'Institut, Inspecteur général des édifices diocésains, Architecte de la Ville de Paris;

Vétillart, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées;

Viallet (Marius), ancien Élève de l'École polytechnique et de l'École des Ponts et Chaussées, Ingénieur associé dans la Société générale et unique des ciments de la Porte-de-France.

Digitized by Google

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. ALFRED PICARD

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES
DIRECTEUR GÉNÉRAL HONORAIRE DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES CHEMINS DE FER
PRÉSIDENT DE SECTION AU CONSEIL D'ÉTAT
COMMISSAIRE GÉNÉRAL DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION

A LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX

DE LA DEUXIÈME SESSION

Digitized by Google

Digitized by Google

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. ALFRED PICARD,

PRÉSIDENT DE LA COMMISSION,

À LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX

DE LA DEUXIÈME SESSION.

MESSIEURS,

En clôturant, le 12 mai 1893, votre première session, vous aviez décidé de reprendre vos travaux au mois d'octobre suivant. Il était nécessaire, en effet, de terminer l'étude de diverses questions qui appelaient des expériences nouvelles, des recherches complémentaires, et sur lesquelles vous n'aviez pu arrêter des conclusions immédiates; la deuxième Section, notamment, s'était vue contrainte d'ajourner l'achèvement de ses opérations pour certains matériaux, tels que les bois et les pierres naturelles ou artificielles.

Sept années se sont écoulées depuis, sept années de labeur discret, mais incessant et fructueux. Nous voici à la veille de l'ouverture du Congrès international des Méthodes d'essais. Le moment est venu de marquer une nouvelle étape et de clore votre deuxième session. Il importe que vous sanctionniez au plus tôt les rapports présentés par vos Sections, que vous fassiez sans tarder l'inventaire des richesses scientifiques accumulées par vos soins, que vous les montriez au monde, affirmant ainsi une fois de plus la large place occupée par la France dans le domaine intellectuel.

Tel est le but de l'Assemblée générale à laquelle vous avez été conviés.

La présidence de cette Assemblée constitue pour moi un honneur dont je sens tout le prix. C'est aussi pour le Commissaire général de l'Exposition une véritable joie de pouvoir vous apporter ses félicitations et ses remerciements, vous dire combien il sait gré à la Commission du lustre que son œuvre jettera sur la grande manifestation de la fin du siècle.

Avant tout, je suis certain, Messieurs, d'être le fidèle interprète de vos sentiments en adressant un hommage ému à la mémoire de deux collègues éminents dont la fin prématurée a créé un vide profond dans nos rangs : M. Gay, président de la deuxième Section, et M. Polonceau, vice-président de la première Section.

Digitized by Google

Vous connaissiez, les uns et les autres, la haute intelligence de M. Gay, la constante aménité de son caractère, le charme irrésistible de ses relations, l'inépuisable fécondité des ressources de son esprit, l'éclat de ses services professionnels et administratifs. Des liens particulièrement étroits l'unissaient à nous, car il avait présidé en 1891 la Commission interministérielle d'où sortit notre institution. Quand le développement de sa carrière le porta à la direction de l'École nationale des ponts et chaussées et à la présidence de la deuxième Section, en remplacement de M. l'inspecteur général Guillemain, une maladie lente, mais impitoyable, commençait déjà à miner sa puissante nature. Bientôt éloigné de vos séances, il ne cessa pas de s'y intéresser et d'applaudir à vos succès, jusqu'à ce que, épuisé, il s'endormit du dernier sommeil.

De M. Polonceau, je ne saurais faire un éloge égal à ses mérites. Ingénieur hors pair, possédant pour tout ce qui concerne les métaux et leur emploi une compétence indiscutable et indiscutée, jouissant comme mécanicien d'une autorité universelle, doué d'une énergie et d'une activité peu communes, il prodiguait ses forces et ses brillantes facultés pour la Commission des Méthodes d'essais. Auteur de plusieurs rapports, inspirateur de beaucoup d'autres, M. Polonceau laisse derrière lui un sillage lumineux; j'avais le devoir de lui donner ici un témoignage de reconnaissance auquel l'Assemblée sera unanime à s'associer.

Un certain nombre de nos collègues ont été conduits à quitter la Commission par suite de changements survenus dans leur situation. Nous conserverons pieusement le souvenir de leur utile concours et des rapports affectueux que leur collaboration nous a permis de nouer avec eux; leur départ a laissé parmi nous les plus vifs regrets.

Messieurs, comme je le rappelais au début de cette courte allocution, les travaux de la première session, même restreints à leur cadre primitif, présentaient quelques lacunes. Votre premier soin a été de combler ces lacunes, de réparer les imperfections, de procéder à une revision et à une mise au point.

Cependant, au cours des délibérations, de nouvelles idées ont surgi, émises soit par les membres anciens, soit par ceux dont l'adjonction est venue renforcer la phalange des ouvriers de la première heure.

Il serait téméraire, de ma part, de tenter une analyse, si rapide fût-elle, de vos débats et des résultats auxquels ils ont abouti. Tout est à lire dans les documents qui vous ont été distribués; tout y est digne d'une attentive réflexion. Vous pourrez d'ailleurs, le cas échéant, vous reporter au rapport général dont MM. Debray et Baclé ont bien voulu assumer la lourde charge et dont on ne saurait trop louer la claire précision.

Deux observations capitales s'imposent néanmoins.

D'une part, l'étude des méthodes d'essais, malgré son caractère modeste, malgré sa spécialisation apparente, vous a conduits aux considérations de l'ordre le plus élevé sur la constitution des matériaux de construction. On y trouve le germe d'une rénovation possible dans les théories actuelles de la mécanique appliquée. Il est intéressant de constater qu'à cet égard, des savants de générations différentes se sont rencontrés et ont creusé ensemble un sillon d'où jaillira peut-être une abondante moisson.

D'autre part, vos rapports donnent lieu à des rapprochements suggestifs en ce qui touche les divisions actuellement admises entre les divers produits de la nature et de l'industrie. Ces divisions commencent à paraître quelque peu factices. Au fur et à mesure

Digitized by Google

que nos connaissances deviennent moins superficielles et que nous pénétrons l'essence des choses, les classements dichotomiques aujourd'hui en vigueur perdent de leur valeur dogmatique; les frontières s'effacent; il semble qu'au lieu de se répartir en catégories bien distinctes, les matériaux de construction forment des séries continues s'entrelaçant les unes les autres. Bientôt peut-être arriverons-nous à dénouer les anneaux de la chaîne.

Sous le bénéfice de ces deux observations essentielles, je m'en remets, pour l'exposé d'ensemble, à M. le général Gras, qui a présidé avec tant d'habileté et de hauteur de vues les Comités d'études des deux Sections. Mon éminent collègue me permettra, puisque l'occasion s'en offre à moi, de lui redire l'admiration que m'inspirent sa science et son inépuisable bon vouloir.

Après l'exposé de M. le général Gras, la discussion sera ouverte sur les conclusions formulées à la fin du rapport général. Vous apprécierez ces conclusions dans la pleine et libre indépendance de votre esprit, avec le souci exclusif du bien et de la vérité. Vous ne perdrez pas de vue, du reste, que notre rôle consiste, non à fixer des règles impératives, mais à conseiller des méthodes et des procédés, chacun pouvant suivre une autre voie s'il la croit meilleure et plus sûre.

Nos résolutions, si mûrement élaborées soient-elles, n'auront point la prétention d'être définitives. En cette matière comme en toute autre, la loi de l'évolution humaine est irrésistible; les édifices les plus solides ne sont pas éternels; ce qui était vérité un jour peut devenir erreur le lendemain; le progrès ne connaît pas de barrières. Notre simple ambition se borne à fixer par des traits aussi exacts et aussi précis que possible l'état actuel de la science. Ainsi compris, vos travaux honoreront le génie français.

Messieurs, un Congrès international des Méthodes d'essais doit se tenir, du 9 au 16 juillet prochain, dans l'un des palais de l'Exposition. Sa préparation est confiée à une Commission présidée par M. Haton de La Goupillière, membre de l'Institut, dont le nom seul est un drapeau. Tout fait présager que ce Congrès aura un éclat exceptionnel. Allez-y, confiants en vous-mêmes, prêts à défendre vos convictions, animés en même temps du désir de recueillir des enseignements et surtout de réserver aux hôtes étrangers un accueil conforme aux vieilles traditions nationales. Vous aurez bien mérité du pays.

(*Applaudissements.*)

Digitized by Google

Digitized by Google

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. LE GÉNÉRAL GRAS

GÉNÉRAL DE DIVISION
PRÉSIDENT DU COMITÉ TECHNIQUE DE L'ARTILLERIE
PRÉSIDENT DE LA SECTION A

À LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX

DE LA DEUXIÈME SESSION

Digitized by Google

Digitized by Google

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. LE GÉNÉRAL GRAS,

Président de la section A,

À LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX

DE LA DEUXIÈME SESSION.

Messieurs,

Vous venez d'entendre notre éminent Président exposer en termes éloquents, avec sa large ampleur de vue, avec sa science profonde, la philosophie de vos travaux. Je serai, j'en suis certain, votre interprète fidèle, en remerciant M. le Commissaire général de l'Exposition de 1900 d'avoir su trouver encore des loisirs à nous consacrer, au milieu des travaux de toutes sortes qui attirent sur sa haute personnalité l'attention du monde entier.

Après ce magistral discours, il ne me reste que quelques mots à dire sur ce qui a été fait pendant la deuxième session des assises de notre Commission.

Le rapport général de cette deuxième session ne présente pas l'ampleur de celui qui a été déposé sur le bureau du Congrès de Chicago; s'il est appelé à un succès peut-être moins retentissant que son devancier, il en restera toujours le corollaire indispensable. Tout en fournissant une nouvelle preuve de la puissante vitalité de notre Commission, il aidera à montrer combien est vaste le champ livré à nos investigations.

Après la première session, les méthodes connues d'essai des métaux étaient classées méthodiquement, étudiées pratiquement dans tous leurs détails, puis synthétisées en des conclusions que nous avions cherché à rendre aussi fermes que l'état de la science le permettait. Un tel travail, dû aux efforts consciencieux d'ingénieurs d'une notoriété indiscutée, ne pouvait manquer d'appeler le succès et nombreuses sont déjà les industries et les administratious publiques qui s'inspirent de nos conclusions pour l'exécution de leurs essais. Ce nombre, nous sommes en droit de l'espérer, ne pourra que s'accroître. Ainsi se trouvera remplie la première partie de la tâche que le Ministre des travaux publics nous imposait, en novembre 1891, dans son rapport au Président de la République, celle qui consistait à donner d'abord à la France seule « les bases d'une uniformisation des méthodes et des unités de mesure en matière d'essai des matériaux ».

Notre deuxième session a vu naître des travaux que je distinguerai en deux catégories : les uns ont trait à des méthodes d'essai proprement dites; les autres, plus théo-

Digitized by Google

riques, nous font pénétrer plus avant dans la constitution moléculaire des métaux, nous aidant ainsi, par une connaissance plus approfondie de la structure intime de la matière, à donner des bases plus scientifiques, plus sûres, aux conclusions, sans cesse perfectibles, de nos études antérieures. Et à ce propos, Messieurs, laissez-moi rendre ici, en passant, un hommage bien mérité à la mémoire d'un précurseur modeste, le capitaine d'artillerie Duguet dont les beaux travaux sur les métaux remontent à plus de vingt ans. C'est à la fonderie de canons de Bourges que cet officier avait fait toutes ses recherches pratiques sur les déformations des métaux. Obligé de quitter prématurément le service, en 1880, pour raisons de santé, il consacra les loisirs de sa retraite à tirer de ses expériences des lois scientifiques, retrouvées récemment par un de nos jeunes collègues, qui est appelé à rendre à la Commission les plus signalés services.

Je n'ai point l'intention de résumer ici tous les rapports qui ont été soumis à votre Comité. Vous trouverez ce résumé dans le rapport général rédigé, avec la compétence que vous leur connaissez, par MM. Debray et Baclé. Mais je crois devoir appeler votre attention sur deux nouvelles méthodes d'essai : les essais au choc des barreaux entaillés et les essais de poinçonnage.

La fragilité des métaux est une propriété qui n'était mise jusqu'à présent que fort imparfaitement en lumière par les épreuves au mouton. L'emploi de barreaux entaillés, sur chacun desquels on frappe un seul coup de mouton, paraît appelé à nous renseigner d'une manière plus précise sur cette qualité de la matière et, en même temps, à nous donner des indications sur l'homogénéité. Les établissements de l'Artillerie ont été chargés d'étudier cette méthode d'essais et les derniers rapports qu'ils ont fournis nous laissent entrevoir déjà les services qu'elle pourra rendre lorsqu'elle sera complètement mise au point. La Marine et l'industrie civile s'occupent aussi activement de cette question. Elle ne saurait donc manquer d'avoir une prompte solution, surtout si l'on a soin de ne demander au procédé que ce qu'il peut donner.

Les essais de poinçonnage répondent à une idée pratique toute spéciale. D'après leur initiateur, ils doivent permettre de se procurer, couramment et presque sans frais, les indications que les essais de traction ne fournissent qu'au prix d'installations et de confections coûteuses. Les renseignements qui ont été portés jusqu'ici à la connaissance de la Commission sont de nature à faire envisager avec confiance l'avenir de cette nouvelle méthode qui semble appelée à devenir un précieux auxiliaire de nombre d'industries.

Les Comités des sections A et B de la Commission, après avoir travaillé séparément pendant toute la première session et une partie de la deuxième, ont été réunis pour examiner certaines questions qui intéressaient à la fois les deux Sections. La présidence des Comités ainsi réunis revenait de droit à M. l'Inspecteur général des Ponts et chaussées Gay. L'état de sa santé l'ayant empêché de continuer à siéger à la Commission, j'ai dû le remplacer provisoirement. Ce provisoire est devenu bien vite définitif car, malheureusement pour nous, sa mort nous a privés de la collaboration qu'il apportait à nos travaux, de la longue expérience d'ingénieur et de sa haute compétence technique. M. Gay fut d'ailleurs un ouvrier de la première heure, C'est lui, en effet, qui eut l'honneur de présider la conférence chargée d'étudier les mesures à prendre pour assurer la constitution de notre Commission.

Les questions soumises aux Comités A et B avaient trait aux bois, aux cordages, aux cuirs, aux papiers, draps, toiles et tissus divers, enfin aux caoutchoucs.

Digitized by Google

Vous avez été renseignés d'une façon très précise sur la constitution anatomique des bois, sur leurs maladies et sur les essais de tous genres auxquels ils peuvent être soumis. Cet ensemble forme un tout très complet sur cette délicate question des bois de construction et doit être considéré comme un des appoints les plus importants ajoutés pendant la deuxième session à l'œuvre générale de la Commission.

Les méthodes d'essais des autres matières, cuirs, draps, caoutchoucs, etc., n'ont pu être qu'esquissées, parce qu'ici encore la mort a fait parmi nous un vide profond, bien difficile à combler. C'est en effet M. Polonceau qui avait appelé l'attention de la Commission sur ces produits accessoires des constructions et qui avait bien voulu se charger d'en poursuivre l'étude. Mais ce n'est là qu'une bien faible partie des services que son ardeur infatigable, sa science consommée dans l'art de l'ingénieur, ont rendu à notre Commission. Vous avez tous présente à la mémoire la longue liste des travaux qu'il a fournis et tous aussi vous savez avec quelle fermeté digne autant que courtoise il a toujours soutenu les méthodes et les idées françaises dans les Congrès étrangers. Aussi, parfois, je me prends à me demander ce que nous devons le plus regretter, de sa vaste science ou de son extrême affabilité.

Je ne saurais clore cette deuxième session sans adresser mes remerciements, à MM. les secrétaires ainsi qu'à M. le conducteur des Ponts et Chaussées Mercier qui n'a cessé d'être le collaborateur infatigable de notre dévoué secrétaire général, M. Debray.

Je remercie aussi, et de grand cœur, les Membres des comités des sections A et B, non seulement pour le concours précieux et désintéressé qu'ils ont apporté à l'œuvre commune, mais aussi pour la parfaite harmonie qui n'a cessé de régner dans nos discussions.

Vous m'avez tous, Messieurs et chers collègues, rendu facile et légère la tâche qui m'incombait. Cette aménité, vous la porterez au Congrès qui va s'ouvrir et elle contribuera puissamment à maintenir le bon renom de la France et, je l'espère, à faciliter dans l'avenir le succès de nos idées.

(*Applaudissements.*)

Digitized by Google

Digitized by Google

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE

MEMBRE DE L'INSTITUT
INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES, VICE-PRÉSIDENT DE LA COMMISSION
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION D'ORGANISATION DU CONGRÈS DES MÉTHODES D'ESSAI
DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION DE L'EXPOSITION DE 1900

À LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX

DE LA DEUXIÈME SESSION

Digitized by Google

Digitized by Google

DISCOURS

PRONONCÉ PAR M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE,

À LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX

DE LA DEUXIÈME SESSION.

MESSIEURS,

Puisque M. le Président de la Commission a bien voulu me donner la parole, je suis heureux de pouvoir rappeler à chacun des membres de cette Assemblée la prochaine ouverture du Congrès international des méthodes d'essai des matériaux de construction.

La première initiative en cette matière se rattache à l'Exposition universelle de 1889, pendant laquelle deux Congrès internationaux, celui de mécanique appliquée et celui des procédés généraux de construction, exprimèrent le vœu qu'une entente générale fût préparée sur les nombreuses et délicates questions qui servent de base aux méthodes d'essai.

Le Gouvernement français donna bientôt un corps à ces aspirations en constituant cette nombreuse et éminente Commission, devant laquelle j'ai l'honneur de parler en ce moment. Ce qu'ont été ses efforts et les brillants résultats obtenus par elle, les paroles les plus autorisées viennent de vous les retracer tout à l'heure.

Lorsque, élargissant le cadre des conférences organisées par le regretté professeur Bauschinger, à Munich (1884), Dresde (1886), Berlin (1890), Vienne (1893), se forma à Zurich (1895), sous la présidence de l'éminent professeur de Tetmajer, l'Association internationale pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux de construction, un grand nombre d'ingénieurs français s'empressèrent d'y adhérer. Notre nation, la Commission des méthodes d'essai elle-même, furent vaillamment représentées au Congrès de Zurich par des volontaires de la première heure, parmi lesquels je citerai notre regretté collègue Polonceau, MM. Quinette de Rochemont, Alexandre, Baclé, Baire, Barba, MM. Candlot et Debray, qui avaient déjà pris part à la conférence de Berlin (1890), MM. Feret, Gandillot, Godron, Guillemin, commandant Hartmann, Henry, Henry Le Chatelier, colonel Leherle, Merceron-Vicat, Osmond, Pourcel, Siméon, Soubeiran, Stoecklin, Vétillart, Viallet, etc.

Cette phalange soutint brillamment l'honneur national en déposant sur le bureau du

Digitized by Google

Congrès les quatre beaux volumes qui renferment les résultats de notre première session, et qui furent alors si remarqués.

Deux ans après s'ouvrait le Congrès de Stockholm dans lequel, malgré l'éloignement, compensé d'ailleurs par l'intérêt que présentaient les pays à visiter ou à traverser, la France s'affirma par un nombre encore important de congressistes : je citerai parmi eux, avec MM. Guérard (Ad.) et Polonceau, MM. Auscher, Bonnet, Candlot, Debray, Dujardin, Feret, Guérard, Le Chatelier (Henry), commandant Millot, Olry, Osmond, Pourcel, commandant Pralon, etc.

L'Association internationale avait, à Zurich et à Stockholm, annoncé le projet d'ouvrir un semblable Congrès cette année même à Paris, mais l'époque fatale approchait à grands pas, l'initiative ne semblait pas s'affirmer, et le temps pressait tellement pour ceux qui se rendaient un compte effectif des nécessités que présente l'organisation matérielle d'une aussi grande œuvre, que l'Administration française dut décider d'adjoindre un Congrès des méthodes d'essai à la liste déjà longue des Congrès internationaux de cette année 1900. Un Comité d'organisation fut nommé, et j'eus l'honneur d'être élu par lui comme son président.

Nous avons fait tout le possible pour ouvrir ses portes aussi largement que possible à l'Association internationale, et nous avons réussi, à travers quelques difficultés passagères dues aux distances, à la complexité des questions, aux différences de point de vue et du langage, à conduire à un complet accord cette œuvre si intéressante.

En ce moment nous vous demandons, Messieurs, de nous y aider par un effort définitif, qui se réduit simplement pour vous, sans plus tarder davantage, à vous faire inscrire individuellement comme congressistes, si ce n'est déjà fait pour chacun d'entre vous. C'est le Secrétaire général de cette Commission, M. Debray, qui est également Secrétaire général du Comité d'organisation du Congrès, avec la collaboration de nos collègues, M. Baclé, comme Secrétaire général adjoint, et M. Candlot, comme Trésorier. Cette inscription vous sera donc bien facile. Il n'est pas besoin, je pense, de vous signaler l'exceptionnelle importance qui s'attache à ce que les ingénieurs français et tout particulièrement les membres de cette Commission, soient inscrits en grand nombre, et veuillent bien siéger en grand nombre à ce Congrès, où viendront tant d'ingénieurs étrangers, dont quelques-uns, désireux sans nul doute de faire prévaloir des vues parfois différentes de celles que vous avez affirmées ici, avec tant d'autorité. Il serait regrettable, pour cette Commission, d'avoir fourni aussi laborieusement la carrière du travail, et de manquer, au moment décisif, la récolte des résultats, pour en avoir négligé la libre discussion.

Les encouragements ne nous ont pas manqué. Nous avons recueilli l'adhésion d'un nombre considérable des hommes les plus éminents dans la science et dans l'art des constructions parmi toutes les nations, lesquels composeront le Comité de patronage et la liste des Présidents d'honneur. Nous avons obtenu également l'assentiment et des subventions de plusieurs Ministères de la République française. Citons au premier rang, avec une reconnaissance particulière, le Ministre des Travaux publics. M. le Ministre a bien voulu autoriser, et même engager tous les ingénieurs des services qui appartiennent à ce Département ministériel à prendre part au Congrès, auquel il a en outre alloué, sur les fonds du Ministère, une subvention de 3,000 francs.

Une subvention de 2,000 francs nous a été également accordée par M. le Ministre de la Marine. Ce dernier, ainsi que ses Collègues de la Guerre et de l'Agriculture,

Digitized by Google

ont désigné déjà des délégués officiels à notre Congrès, en autorisant en outre leurs officiers ou fonctionnaires à prendre part à nos travaux.

Nous avons également réussi, grâce aux efforts de quelques-uns d'entre nous, parmi lesquels il faut faire de beaucoup la principale part à notre dévoué Secrétaire général adjoint, M. Baclé, à recueillir des subventions considérables, dont quelques-unes exceptionnellement libérales, de la part de nos principaux métallurgistes et de quelques compagnies de construction ou de traction. Bien entendu, la liste en sera publiée avec une complète précision, mais j'en veux devancer l'apparition pour exprimer dès à présent à ces généreux donateurs notre profonde gratitude.

Ces divers points sont bien importants, mais le plus essentiel de tous pour un Congrès, reste encore le travail de ses membres, et pour un Comité d'organisation, la préparation de ce travail. Nous pouvons, sur ce point, vous donner les plus rassurantes nouvelles.

Déjà une quarantaine de mémoires nous sont parvenus ou sont annoncés. Les impressions, les traductions sont commencées, de manière que le plus grand nombre possible de ces travaux soient distribués aux congressistes avant l'inauguration.

De MM. Ricour, Maurice Lévy, Mesnager, Rejtö, commandant Hartmann, Galy-Aché et Charbonnier, Feret, nous avons d'importantes études sur la constitution des matériaux et leurs lois de déformation sous l'influence des efforts auxquels ils sont soumis.

M. Frémont nous donne un travail très original sur l'histoire des méthodes d'essai en général, et sur les procédés nouveaux qu'il préconise. MM. Debray, Masson, Herzenstein, nous décrivent les laboratoires de l'École des Ponts et Chaussées, du Conservatoire des Arts et Métiers, du chemin de fer de Moscou-Vindau-Rybinsk.

MM. William Kendrick Hatt et Porter étudient de leur côté de nouveaux appareils d'essai, et M. Henning signale un enregistreur portatif dont il est l'auteur.

Après ces études d'intérêt général qui pourront occuper une première section du Congrès, je signalerai les communications qui se rapportent plus spécialement à la pratique des méthodes d'essai, les unes pour les métaux et les autres pour les matériaux autres que les métaux. Nous reproduirons ainsi, comme vous le voyez, la division fondamentale de notre Commission dans les deux dernières sections du Congrès.

En ce qui concerne l'étude générale des essais des métaux, je signalerai la communication de M. André Le Chatelier, relative à l'influence de la température et de la durée sur les résultats de ces épreuves; celle de M. Guillaume sur l'influence des grands froids.

M. Baclé poursuit de son côté les études qu'il a commencées, en collaboration avec M. Frémont, sur l'application du poinçonnage comme méthode d'essai, et dont il a déjà entretenu notre Commission.

M. Rateau s'attache aux essais de torsion; M. le professeur Thurston signale l'appareil à pendule qu'il emploie pour les essais de choc. M. Brinell étudie la détermination de la dureté dans les métaux, au moyen de la mesure des impressions faites à l'aide de billes. M. Pourcel expose à nouveau la question si controversée de la définition des fontes, aciers et fers. M. Charpy s'attache aux essais de trempe. Plusieurs autres communications envisagent enfin les essais de divers métaux spéciaux et ceux de certaines pièces assemblées.

M. Guillaume, MM. Brown et Turner nous annoncent deux travaux sur un sujet qui prend actuellement un grand intérêt dans la métallurgie; je veux parler de l'acier-nickel. M. Demenge étudie les essais du cuivre et de ses alliages, M. Le Blant ceux des entretoises de foyers de locomotives.

Digitized by Google

M. Lanna décrit les résultats des études expérimentales effectuées sur les ponts métalliques, et M. Seefehlner le matériel des grandes chaînes du pont suspendu de Budapest.

M. Considère discute les méthodes d'épreuve des constructions en béton armé.

Parmi les communications consacrées aux matériaux de construction autres que les métaux, qui occuperont les travaux de la troisième section, je signalerai plus spécialement celles de M. Marva y Mayer sur les épreuves de gélivité des pierres, de M. Deval sur les essais des ciments à l'eau chaude, de M. Quillot sur l'analyse physique des ciments de Portland, les recherches de M. Henry Le Chatelier et celles de M. le général Schouliatchenko sur la décomposition des ciments à la mer, ainsi que celles de M. Rebuffat et de M. Feret sur les pouzzolanes. M. Giovanni Palermi Pace nous a remis une note relative à l'influence des substances élastiques interposées entre les surfaces pierreuses. M. Tavernier envisage pareillement l'influence des joints métalliques dans les maçonneries. MM. Brüll et Henry exposent les propriétés des ciments de laitier.

En ce qui concerne les bois, M. Thil étudie les divers modes de fracture que ces matériaux présentent dans les essais de résistance.

J'en oublie, Messieurs, dans cette énumération rapide et vous remarquerez que je supprime systématiquement toutes les épithètes louangeuses dont j'aurais dû, au contraire, être prodigue. Mais je ne veux ici rien escompter. Je vous convie, au contraire, à vous assurer par vous-même de l'extraordinaire valeur d'une aussi abondante moisson.

Un mot encore. Si nous avions été tentés de l'oublier, quelques-uns, parmi vous, nous auraient au besoin rappelé que les membres d'un Congrès ne peuvent pas uniquement se consumer en discussions scientifiques, et que quelques distractions prises en commun seraient également les bien venues. Les exemples des réunions de Zurich et de Stockholm nous l'auraient d'ailleurs suggéré; car ces deux réceptions ont été véritablement magnifiques, et empreintes de couleur locale. Nous avons donc fait appel au zèle de quelques collègues pour nous composer un programme de fêtes et pour en assurer l'exécution.

Sans pouvoir encore vous le formuler avec détails, nous ne craignons pas de dire qu'il ne sera pas sans attrait pour ceux d'entre nous qui sont aptes à cette heureuse alliance du sérieux et de l'agréable; personne, du reste, parmi les tempéraments plus rassis, n'étant astreint à quoi que ce soit, car ces distractions seront pour les seuls volontaires, et, dans une certaine mesure au moins, aux frais desdits volontaires, au moyen de tickets spéciaux.

Mais ne serait-ce pas faire injure aux membres de la Commission française, ici réunie, que d'avoir gardé pour ma péroraison ce dernier stimulant? Je le craindrais en vérité, et je vous dis en terminant : venez à nous, mes chers Collègues, venez au Congrès international des méthodes d'essai, nous avons besoin de vous pour accomplir une œuvre importante, en vue d'un intérêt national que l'on ne peut pas laisser péricliter en ce moment décisif. Nous compterons pour cela sur vous, sur votre zèle pour la science, sur votre patriotisme.

(*Applaudissements.*)

Digitized by Google

SECTION A

(MÉTAUX)

ET SECTION B

(MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION AUTRES QUE LES MÉTAUX)

RAPPORT GÉNÉRAL

PRÉSENTÉ PAR MM. BACLÉ ET DEBRAY

Digitized by Google

Digitized by Google

SECTION A

(MÉTAUX)

ET SECTION B

(MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION AUTRES QUE LES MÉTAUX)

RAPPORT GÉNÉRAL

PRÉSENTÉ PAR MM. BACLÉ ET DEBRAY.

INTRODUCTION.

Instituée par décret du 9 novembre 1891, en exécution des vœux émis par deux des Congrès internationaux réunis à Paris, à l'occasion de l'Exposition universelle de 1889, la Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction avait tenu à mener à bonne fin une première partie de sa tâche dans un assez court délai, pour être à même de présenter une œuvre déjà considérable à quelques-uns des congrès internationaux qui se sont tenus en 1893 à Chicago, à l'occasion de la *World's Fair*.

Ayant donné à leurs travaux une ampleur qui, à l'origine, a peut-être suscité quelques critiques, les deux Sections entre lesquelles la Commission était divisée, avaient dû l'une et l'autre, ainsi que le constatait M. le Président Picard dans son discours prononcé à la séance plénière de la Commission le 8 mai 1893, réserver certaines questions sur lesquelles il eût été difficile de prendre une décision immédiate et qui appelaient de nouvelles expériences, ou des études complémentaires.

D'autre part les travaux produits dans la première session de la Commission, coordonnés méthodiquement, *synthétisés* dans les rapports généraux présentés par les deux Sections, devaient nécessairement amener quelques-uns des membres de la Commission, la Commission elle-même, à s'élever encore de l'étude des méthodes d'essai des matériaux de construction à des vues générales sur la constitution des matériaux de construction, sur le mode d'action des forces auxquelles ces matériaux sont soumis, sur les mouvements et déplacements correspondants des molécules composant les matériaux de construction, non seulement au-dessous de la limite d'élasticité, mais encore au delà, si tant est que cette limite puisse être déterminée d'une façon précise, nonobstant le vieil adage : « *Natura non facit saltus* ».

Il a semblé nécessaire d'établir l'état des travaux de la Commission à la

Digitized by Google

fin du siècle, à l'occasion du Congrès spécial des méthodes d'essai des matériaux de construction qui a trouvé place parmi les Congrès de l'Exposition de 1900.

C'est l'objet de ce rapport général présenté au nom des deux Comités d'études des Sections A et B, au nom des Sections A et B, au nom de la Commission.

La division de la Commission en deux Sections avait été motivée à l'origine par la convenance de faire étudier séparément par des spécialistes éprouvés les questions d'ordre assez différent se rattachant d'une part aux essais des métaux, d'autre part aux essais des chaux, ciments et autres produits hydrauliques.

Ces questions spéciales ayant été traitées presque complètement au cours de la première session, on s'est bientôt trouvé en présence de questions d'ordre tout à fait général ou de sujets communs intéressant l'universalité des membres de la Commission.

Les Comités d'études des Sections A et B qui avaient d'abord tenu isolément leurs séances : le Comité A sous la présidence de M. le général Gras; le Comité B sous la présidence de M. l'Inspecteur général des Ponts et Chaussés Gay, ont alors été réunis sous la présidence de M. le général Gras, assisté de MM. les Vice-Présidents des sections A et B, l'état de sa santé ayant malheureusement empêché M. l'Inspecteur général Gay de continuer aux Comités le concours de son expérience.

C'est pourquoi ce rapport général, établi suivant décision des Comités A et B réunis, comprendra trois parties :

1° Questions traitées au Comité d'études de la Section A;

2° Questions traitées au Comité d'études de la Section B;

3° Questions traitées aux Comités d'études des Sections A et B réunis.

Digitized by Google

SECTION A.

MÉTHODES D'ESSAI DES MÉTAUX.

Dans la première session de ses travaux, la Commission a effectué l'étude détaillée de toutes les méthodes d'essai qui ont pu être pratiquées jusqu'à présent à l'effet de déterminer les propriétés des métaux, scruter leurs qualités intimes ou leurs défauts cachés.

Elle a procédé au classement méthodique de ces méthodes d'essai, discuté le rôle et le fonctionnement de chacune d'elles, et, au point de vue de l'uniformisation de ces méthodes qui était sa principale préoccupation, elle s'est attachée à dire dans ses conclusions, toutes les fois qu'il était possible de le faire, quels étaient dans chaque cas particulier les dispositions et les types d'éprouvettes à adopter pour obtenir des résultats bien comparables, et déduire ainsi de chaque essai tout l'enseignement qu'il peut comporter.

Dans ce classement méthodique, nous sommes arrivés à répartir les diverses méthodes d'épreuves en trois grandes catégories principales : essais physiques, essais chimiques, essais mécaniques.

Fondés à l'origine sur la simple observation extérieure qui ne pouvait pas donner des résultats de grande valeur comparative, les essais physiques ont acquis en ces dernières années sous l'impulsion de savants expérimentateurs qui leur ont apporté la précision scientifique dont ils manquaient tout d'abord, une importance toute particulière, et ils sont appelés certainement à prendre, ainsi que nous le remarquions déjà dans le précédent rapport général, une place des plus importantes et une autorité qu'on n'aurait pas soupçonnées il y a quelques années seulement.

Ces méthodes d'essais physiques comportent d'abord le simple examen extérieur pratiqué sur les pièces mêmes ou sur les cassures, soit à l'œil nu, soit avec des appareils de précision, englobant ainsi la métallographie microscopique. Viennent ensuite la détermination de la densité, l'étude de la conductibilité thermique et celle de la conductibilité électrique, puis la détermination des températures critiques dans certains métaux comme les aciers et celle des modifications de propriétés résultant de l'influence des changements de température, chauffage et refroidissement, spécialement de la trempe.

Les essais chimiques qui, déjà depuis trente années environ, ont pénétré dans la pratique courante de la métallurgie fournissent sur l'état de pureté des métaux et sur la composition des alliages des indications précises de la plus grande valeur ; ils révèlent avec certitude la présence des matières contenues même en proportion infinitésimale, ainsi que les plus faibles variations dans le dosage des éléments constitutifs du métal. A côté de l'analyse chimique proprement dite, nous avons pu y rattacher les essais de corrosion ainsi que les essais d'adhérence des revêtements protecteurs.

Quant aux essais mécaniques qui ont été considérés longtemps comme constituant les méthodes d'épreuve par excellence, ils ont pour but de reproduire tous les genres d'efforts qui peuvent se présenter en pratique, et c'est à eux surtout que la Commission devait s'attacher dans ses premiers travaux. Nous les avons répartis en cinq classes distinctes, comprenant d'abord la résistance à un effort de déformation graduée agissant par traction, compression, flexion, pliage et cintrage, torsion, cisaillement et poinçonnage, puis la résistance à l'effort de déformation brusque ou de choc opérant par flexion, pénétration superficielle ou perforation.

A la suite de ces deux premières catégories qui comprennent les essais les plus fréquents, susceptibles de donner les résultats les plus précis, nous avons distingué les

Digitized by Google

expériences destinées à mesurer certaines propriétés des métaux d'une définition plus délicate comme la dureté, la fragilité ou la plasticité, puis les essais de façonnage à chaud et à froid et enfin les essais particuliers opérés sur certaines pièces finies comme les fils métalliques, les câbles, les chaînes, les rivets, les tubes, les tuyaux et les essais à la pression hydraulique.

Ainsi que le montre cette rapide énumération, les travaux de la Commission constituent bien un ensemble méthodique et raisonné embrassant toutes les méthodes d'essai actuellement connues; aussi nous est-il permis d'espérer qu'ils seront pris en grande considération par la Commission qu'a déléguée l'Association internationale des méthodes d'essai des matériaux à l'effet de préparer l'uniformisation de ces méthodes.

Pour chacun des essais qu'elle a étudiés, notre Commission a formulé les règles d'unification dont il lui paraissait susceptible dans l'état actuel de nos connaissances, et les règles ainsi proposées par elle sont avantageusement adoptées aujourd'hui par un grand nombre d'Administrations et d'établissements publics et privés.

La préparation de ces règles d'uniformisation était loin toutefois d'épuiser la tâche qui lui était directement assignée, ou même de répondre complètement aux vœux qui avaient provoqué la constitution de la Commission et aux espérances qu'elle avait éveillées dans le monde des praticiens appelés à mettre en œuvre les métaux qu'elle étudiait.

D'une part, en effet, la Commission s'était trouvée dans l'obligation d'écarter un certain nombre d'essais d'un usage fréquent cependant, mais pour lesquels elle n'avait pu réunir des données suffisantes en vue de l'unification, et d'autre part, dans son désir de répondre aux vœux rappelés plus haut, elle se trouvait forcément amenée à discuter la valeur respective de ces diverses méthodes d'essai.

Ajoutons encore à cet égard que la plupart des méthodes employées jusqu'à présent sont loin de reproduire aussi complètement qu'il serait désirable les conditions du travail réel des pièces mises en service, et les résultats qu'elles fournissent n'ont souvent qu'un rapport bien lointain avec les renseignements dont la pratique des constructions aurait besoin; il arrive trop fréquemment, en un mot, que ces résultats, qui sont pourtant le fruit de longues et minutieuses recherches, d'essais délicats et dispendieux, laissent toujours le constructeur aussi embarrassé pour décider si le métal qu'il vient d'éprouver est bien celui qui répond le mieux à l'effort qu'il a en vue. On voit dès lors quel intérêt s'attacherait à l'indication, à la découverte, pourrait-on dire, de méthodes plus simples et pratiques permettant de compléter à cet égard sinon de remplacer les méthodes actuelles.

Cette double préoccupation de compléter l'étude et de discuter la valeur des méthodes actuelles qui, au fond, se ramène à l'examen détaillé de ces méthodes d'essai envisagées à tous les points de vue dont elles sont susceptibles, est celle qui a inspiré la Commission dans la seconde série de ses travaux.

Elle a donc cherché, d'une part, à compléter les lacunes que présentaient fatalement ses études antérieures, et elle a examiné dès lors un certain nombre de rapports nouveaux présentés par divers membres du Comité d'études qui se sont efforcés de combler ces lacunes. Quelques-uns de ses membres ont essayé en outre d'aborder l'étude théorique du mécanisme des déformations dans les métaux, et ils ont apporté des vues nouvelles qui sont appelées sans doute à modifier les théories admises. — D'autres, au contraire, préoccupés surtout des besoins de la pratique, s'attachaient de préférence à la seconde partie du programme qui vient d'être rappelé et ils s'efforçaieut donc de déterminer les moyens de remédier à l'insuffisance des résultats fournis par les méthodes actuelles.

En s'aidant des recherches de M. Frémont, M. Baclé a déjà montré tout le parti qu'on peut tirer de l'essai de poinçonnage,

Plus tard, un autre membre de la Commission, qui a attaché son nom à de savantes études théoriques et pratiques sur l'essai à la traction, ainsi que nous le rappelions dans

Digitized by Google

le précédent rapport général, montrait tout l'intérêt qui s'attache à vérifier l'homogénéité des pièces par des essais répétés portant sur de petits échantillons.

Entrant enfin dans la voie magistralement ouverte par M. Barba, un autre de nos collègues, dont l'esprit ingénieux sait interpréter par une sorte de véritable intuition merveilleuse tous ces phénomènes obscurs de la résistance mécanique des métaux, indiquait de son côté comment il est possible de transformer l'essai de choc pour en tirer des indications précises et graduées que la traction a seule pu fournir jusqu'à présent, et comment enfin la nouvelle méthode qu'il indiquait pouvait se prêter à des essais répétés sur des échantillons de faibles dimensions, donnant dès lors sur l'homogénéité les renseignements précis que désirait M. Barba.

Les travaux ainsi effectués par M. Frémont ne sont pas encore assez avancés pour que notre collègue ait pu en faire l'objet d'un rapport spécial présenté devant le Comité d'études, mais la Commission qui les a inspirés est cependant fondée à les retenir comme répondant à la seconde partie de son programme, et elle est d'autant plus heureuse de le faire qu'elle voit à certains égards l'aboutissement de ses propres travaux dans cette méthode de l'avenir que nous fait entrevoir notre distingué collègue.

Elle peut se rendre en effet ce témoignage que ses études et ses recherches n'ont pas été infécondes, même si elles ont eu pour effet d'ébranler l'autorité de méthodes incontestées jusqu'à présent, puisque en même temps elles ont permis d'entrevoir les modifications ou transformations qui leur apporteraient aux yeux des praticiens une autorité nouvelle plus complète et plus sûre.

Toutes ces études qui constituent, comme il a été dit, les travaux de la seconde session rentrent facilement dans le cadre méthodique que traçait notre premier rapport général; et nous conserverons donc la distribution adoptée dans ce rapport pour classer ces travaux dont nous rappelons ici l'énumération.

1° ESSAIS PHYSIQUES.

Nous signalerons tout d'abord une note magistrale due à M. Osmond, le savant initiateur de ces essais physiques auxquels il a su donner un caractère d'autorité et de précision inconnu avant lui.

L'*Introduction à la connaissance des métaux* expose nettement l'influence des éléments complexes tenant à la composition chimique du métal, à sa structure, aux tensions intérieures qui déterminent ou compromettent les propriétés de résistance des pièces métalliques de toute nature.

Cette étude, qui dépasse ainsi l'intérêt des essais physiques proprement dits, constitue bien, comme l'a voulu son savant auteur, le résumé précis des considérations diverses dont il faut tenir compte dans l'état actuel de la science, pour obtenir une appréciation un peu plus sûre et complète des qualités intimes des métaux.

S'attachant aussi, de son côté, à ce sujet toujours inépuisable de la constitution des métaux, M. Barba nous a montré, dans un rapport consacré à l'étude *des tensions intérieures et des défauts d'homogénéité dans les aciers*, comment les conditions mêmes de la fabrication, les inégalités de température en cours de refroidissement des pièces travaillées, contribuent à provoquer des tensions intérieures susceptibles d'entraîner des ruptures. Il nous a fait voir en outre l'influence fâcheuse qu'exerçaient ces tensions sur l'homogénéité des pièces, et nous a montré par là même l'intérêt capital qui s'attachait à vérifier cette propriété dans les essais.

Cette observation fondamentale a conduit notre savant collègue à proposer dans la pratique des épreuves des modifications profondes sur lesquelles nous reviendrons plus loin en parlant des essais mécaniques.

Pour nous en tenir actuellement à ce qui concerne les essais physiques, nous signalerons la note que M. le Président, général Gras, a bien voulu remettre au

Digitized by Google

Comité et dans laquelle MM. le lieutenant-colonel Guillin et le capitaine Lenclut examinent *la corrélation qui existe entre l'aspect de la surface d'une barre d'acier après épreuves mécaniques et les propriétés de cet acier.*

Cette intéressante note, répondant à un désir exprimé au cours de la première session, vient compléter utilement les observations déjà résumées dans le rapport général concernant l'observation extérieure et la classification des cassures.

Passant ensuite aux observations de précision faites sur les sections polies ou les cassures agrandies par les procédés de la métallographie microscopique, nous mentionnerons une seconde note due à M. Osmond. Le savant auteur qui a été, en quelque sorte, le créateur de ces études et en est resté le propagateur autorisé, a tenu à montrer qu'elles n'avaient pas seulement pour effet d'accroître nos connaissances théoriques, mais qu'elles étaient susceptibles aussi d'intérêt pratique; il a donc exposé l'importante application qui en a été faite en Amérique par M. Alb. Sauveur afin de guider la fabrication des rails dans les aciéries de l'Illinois à Chicago.

Cette application est d'autant plus intéressante à signaler qu'elle nous apporte un exemple frappant de l'influence bienfaisante que des études d'apparence purement théorique arrivent toujours à exercer sur la pratique à un moment donné.

Notre collègue, M. Léon Lévy, nous en a fourni de son côté une preuve nouvelle et particulièrement décisive lorsqu'il a bien voulu communiquer au Comité d'études quelques-unes des courbes de refroidissement qu'obtient maintenant de façon régulière le remarquable laboratoire d'essais physiques annexé par lui au grand établissement industriel qu'il dirige avec tant d'autorité.

2° ESSAIS CHIMIQUES.

Le Comité n'a reçu qu'un rapport unique sur cette question; mais c'est une étude magistrale de fort grande valeur qui peut être considérée comme résumant toutes nos connaissances actuelles sur l'analyse chimique des fers, fontes et aciers. Dès son apparition, le travail de M. Carnot a fait autorité auprès de tous les chimistes compétents, ingénieurs, savants et praticiens, et, en exprimant à son auteur ses vifs remerciements, la Commission ne peut que se féliciter d'avoir provoqué la rédaction de ce beau rapport dont le besoin se faisait sentir dans les milieux intéressés, et qui certainement ne sera pas l'un des moins appréciés parmi tous ceux qu'elle a réunis.

3° ESSAIS MÉCANIQUES.

ÉTUDES THÉORIQUES.

Les essais mécaniques mettent en jeu, comme c'est le cas du reste dans la pratique sur les pièces mises en service, des actions complexes que la théorie de la résistance des matériaux n'a pu encore complètement élucider. L'étude du mode de transmission des efforts et celle de l'élasticité en particulier présenteraient cependant une importance toute spéciale, car la solution de ces questions encore indécises apporterait à la pratique des constructions un guide et un enseignement qui lui font actuellement défaut.

Cette question a été sans doute abordée déjà par la théorie, mais elle ne peut pas être considérée cependant comme tranchée, car certaines expériences récentes paraissent établir que les conclusions qui s'en déduisent ne sont pas toujours en concordance avec les faits, et elles montrent par suite la nécessité de discuter à nouveau, sinon de modifier quelques-uns des principes fondamentaux de cette théorie.

C'est là du reste un fait qui avait frappé depuis longtemps certains observateurs sagaces qui, voulant procéder à une étude minutieuse des déformations des métaux sou-

Digitized by Google

mis à un essai de rupture ou même au simple travail de l'outil, s'étonnaient souvent de rencontrer des divergences graves que la théorie était impuissante à expliquer.

Parmi ces expérimentateurs, une mention toute particulière doit être accordée au regretté capitaine d'artillerie Duguet, qui, le premier, paraît avoir attiré l'attention sur ces divergences qu'il avait étudiées au double point de vue théorique et expérimental avec un soin minutieux et une autorité toute particulière.

Les expériences de M. le capitaine Duguet remontent en effet à 1880, et les deux ouvrages dans lesquels il étudie *la limite d'élasticité* et *la résistance à la rupture* ont été publiées par lui de 1882 à 1885.

Dans ces savants travaux, M. le capitaine Duguet fait ressortir combien la théorie est insuffisante pour expliquer complètement les faits qu'il observe continuellement dans le travail des métaux; par une intuition merveilleuse, il entrevoit déjà que les lignes de déformations provoquées par la transmission des efforts doivent présenter une inclinaison déterminée sur la direction de ceux-ci, et, en un mot, il annonce à l'avance quelques uns des résultats les plus frappants qui devaient se dégager des expériences ultérieures de M. le commandant Hartmann.

Les belles études de M. le capitaine Duguet n'ont pas attiré immédiatement toute l'attention qu'elles méritaient, et elles sont donc restées impuissantes à modifier les théories admises; toutefois la question du mode de transmission des efforts s'est imposée à nouveau à l'attention à l'occasion des expériences récentes de M. Hartmann, et comme cette question présente en fait un intérêt certain au point de vue de l'objet des travaux de la Commission, celle-ci a été d'autant plus heureuse d'accueillir les savantes communications que trois de ses membres ont bien voulu consacrer à ces études.

M. le commandant Hartmann, dont les remarquables travaux ont produit une si vive impression dans le monde scientifique et technique, a mis en évidence dans ses curieuses expériences, ainsi que nous venons de le rappeler, certaines déformations que l'application des efforts provoque dans les pièces métalliques avant et après le passage à la limite élastique jusqu'à l'apparition de la rupture.

Il a montré, à la surprise générale des savants et des praticiens, que les déformations ainsi provoquées se manifestent toujours suivant deux directions symétriques faisant avec la direction même de l'effort un angle déterminé et caractéristisque du métal considéré, et que de plus elles se transmettent exclusivement par des ondulations.

Dans l'essai à la traction par exemple, au moment où la limite élastique est atteinte, il se produit une ligne de déformation oblique qui se manifeste d'abord en un point quelconque, se transmet ensuite en un point voisin, qui paraît voyager en quelque sorte d'un mouvement ondulatoire sur toute la longueur de l'éprouvette.

Une ligne symétrique apparaît bientôt qui se déplace d'un mouvement analogue en restant toujours parallèle à elle-même,

Si on arrête l'expérience aussitôt que ces lignes ont commencé à se former, on reconnaît qu'elles ont dessiné sur l'éprouvette autant de sillons minuscules qui se manifestent par des dépressions faiblement accentuées mais bien nettes cependant.

Ce sont là en un mot autant de strictions élémentaires qui se déclarent successivement en différents points de l'éprouvette.

Ces strictions ne témoignent nullement que la résistance soit diminuée dans les points où elles se manifestent, elles s'accompagnent plutôt au contraire d'une augmentation de résistance, puisque la section nouvelle devient capable de supporter sans déformation l'effort exercé malgré la réduction qu'elle a subie.

La déformation s'arrête donc en ce point, et c'est une autre section de l'éprouvette qui est atteinte maintenant et qui s'étire à son tour d'une façon également temporaire.

Le phénomène se continue identique à lui-même, la striction se manifestant successivement sur des sections diverses, jusqu'au moment où elle se localise dans la région où va se produire la rupture. Cette localisation résulte de ce fait que la section qui en est affectée présente une résistance totale inférieure à celle des autres sections de l'éprou-

Digitized by Google

vette, mais cette infériorité doit être uniquement attribuée à la réduction de diamètre qu'elle a subie, et non pas à un affaiblissement de la résistance élémentaire par unité de superficie.

M. Hartmann a pu démontrer du reste par une expérience des plus frappantes ce fait paradoxal en apparence et contraire aux idées admises.

Il a opéré à cet effet sur une éprouvette soumise à un essai de traction poussé jusqu'à la formation bien nette de la striction; il s'est arrêté avant la rupture, il a fait ensuite tourner l'éprouvette à nouveau de façon à lui donner sur toute sa longueur le diamètre de la section la plus réduite et il l'a soumise à un nouvel essai à la traction; il pu constater que cette fois la striction se produisait en un point différent du premier, ce qui montrait nettement que l'étirage particulier que l'éprouvette avait subi en cette région n'avait pas eu pour conséquence de diminuer la résistance élémentaire, mais plutôt au contraire de l'augmenter.

L'expérience a été recommencée sur une même éprouvette à quatre reprises différentes, et les quatre strictions successives ainsi obtenues se sont toujours manifestées en des points nouveaux, montrant ainsi que le phénomène observé n'était pas accidentel, mais présentait au contraire un caractère bien général.

Dans cet exposé rapide nous nous sommes attachés exclusivement à l'effort de traction, mais nous pouvons dire toutefois que des phénomènes analogues se retrouvent encore avec tous les autres modes d'effort.

Qu'il s'agisse en effet de compression, de flexion, de torsion, etc., si on prend les précautions nécessaires pour mettre ces déformations en évidence, les échantillons soumis à l'épreuve présentent toujours une double série de stries parallèles et ondoyantes inclinées sur la direction de l'effort, et il semble donc qu'il s'agit bien là d'une loi générale appelée à modifier grandement toutes les théories formulées jusqu'à présent sur ces questions de résistance des matériaux.

Ce n'est pas que ces stries surprenantes n'aient été déjà remarquées antérieurement, et un de nos collègues a pu faire, dans une étude des plus documentées, l'historique des observations dont elles ont été l'objet par les soins de savants expérimentateurs tels que MM. Cooper, Beck-Guerhard, Chernoff, etc., et spécialement en 1854 Lüders dont le nom avait même servi à les désigner depuis lors.

Ces observations étaient toutefois tombées dans l'oubli, et il faut ajouter du reste que le plus fréquemment elles portaient sur des stries n'affectant que la croûte superficielle des métaux, et l'étude des lignes de Lüders n'a pris effectivement toute son importance que lorsque M. le commandant Hartmann eût montré qu'il fallait y voir, selon toutes probabilités, l'indice révélateur d'un mode ignoré de transmission des efforts à l'intérieur de la section des pièces éprouvées.

Dès que les résultats ainsi obtenus par M. le commandant Hartmann furent révélés au monde savant, divers expérimentateurs de toutes nations s'attachèrent à les contrôler, en même temps que les théoriciens s'efforçaient de leur côté d'en trouver l'explication.

M. le commandant Hartmann a présenté déjà une première théorie basée sur la considération de la polarisation des molécules, et plus récemment un savant professeur hongrois, M. Rejtö, formulait de son côté une nouvelle théorie de l'élasticité basée sur les curieuses observations de notre collègue.

M. Rejtö fait intervenir la considération d'un frottement intérieur des molécules sollicitées par les efforts développés, et, d'accord avec M. Kick (de Vienne), il admet en principe que toute force agissant en un point d'un corps solide transmet son action à l'intérieur de ce corps suivant une direction dépendant de la nature de celui-ci, et qu'il appelle angle d'action.

Si donc on exerce une pression en un point, l'effort ne se transmet aux couches inférieures que suivant les génératrices d'un cône de révolution dont l'axe se confond avec la direction de la pression et l'angle au sommet avec l'angle d'action.

Partant de cette hypothèse, il voit dans les lignes observées par M. le comman-

Digitized by Google

dant Hartmann, les lignes d'action, ou les traces de l'angle d'action sur la surface des éprouvettes.

De son côté M. Mesnager abordait à son tour cette question, et dans un rapport méthodiquement établi dont le Comité d'études a pris connaissance avec le plus grand intérêt, il montrait comment l'observation des lignes d'Hartmann amenait à voir désormais dans le mécanisme de la déformation permanente le résultat de glissements intérieurs, et il établissait en même temps les conséquences pratiques à en tirer au point de vue des relations entre les caractéristiques du métal dans les divers modes d'essai.

Ajoutons enfin que dans cette étude théorique il aboutissait de son côté à des conclusions analogues à celle de M. Duguet dont il n'avait cependant pas encore connaissance lorsqu'il établissait son rapport initial.

M. Mesnager fait remarquer aussi que les phénomènes observés par M. Hartmann ne peuvent trouver leur explication théorique qu'en admettant l'existence d'une sorte de force de frottement qui se développe à l'intérieur des corps en fournissant une composante normale à la direction de l'effort.

Observons d'ailleurs, dit-il, que c'est là le mode de transmission des rayons lumineux et même aussi sans doute des forces électro-magnétiques; la science actuelle y reconnaît le résultat d'une sorte de frottement des couches d'éther s'exerçant suivant une direction normale à celle de la propagation des ondes.

Dans un ordre de faits plus tangibles, nous voyons d'autre part deux corps en contact rester en équilibre sans que la surface d'appui soit horizontale, lors même que cette surface présente le poli le plus parfait que nous puissions obtenir.

Ce résultat ne peut s'expliquer que par la considération d'une composante normale à laquelle on donne généralement, par une extension peut-être excessive toutefois, le nom de frottement, même lorsque les corps sont au repos. Ne pouvons-nous pas supposer que cette même force normale peut se manifester aussi à l'intérieur des corps, entre les mollécules mêmes qui les composent, comme elle le fait déjà dans le cas de l'éther?

Partant de cette notion, il devient possible d'expliquer par le calcul les résultats observés, de donner la définition mathématique et précise des forces intérieures qui sont mises en jeu, et généralement de prévoir dans tous leurs détails les phénomènes accompagnant la déformation élastique que provoque l'application des efforts transmis.

Ces vues si curieuses et intéressantes ont trouvé une confirmation dans une savante étude théorique présentée par M. le président Ricour. Il a réussi en effet à montrer comment il était possible de rattacher par des déductions mathémathiques les phénomènes observés aux théories générales qu'admet la science actuelle pour représenter la constitution moléculaire des corps. Il est arrivé ainsi à enlever à ces phénomènes le caractère étonnant et pour ainsi dire paradoxal qu'ils revêtent au premier abord, et il a montré enfin tous les services que peut rendre l'analyse mathématique dans ces questions si ardues et complexes.

Revenant maintenant sur le terrain plus modeste de la pratique, nous devons rechercher, au point de vue des travaux de la Commission, quelles conséquences ces observations nouvelles paraissent appelées à recevoir dans l'appréciation des méthodes d'essai.

Il ne s'agit là sans doute encore que de simples indications à peine entrevues sans aucun caractère définitif, mais il peut être intéressant de les présenter toutefois, ne fut-ce que pour les signaler à l'attention des expérimentateurs de l'avenir.

Disons d'abord avec M. Hartmann que la distinction réelle, cependant, de la période élastique et de celle des déformations permanentes, paraît appelée à perdre le caractère nettement tranché qu'elle avait jusqu'à présent, et à certains égards, il n'y a pas lieu de faire aucune distinction entre les propriétés élastiques de la matière avant et après le moment où naissent les déformations permanentes; on se trouve dans les deux cas en présence d'un phénomème physique présentant le même caractère général et obéissant aux mêmes lois.

Un corps solide quelconque renfermerait des forces élastiques emmagasinées, dès lors

Digitized by Google

distribuées d'après une loi dépendant des efforts mécaniques et thermiques auxquels il a été soumis précédemment.

L'application d'un effort extérieur a d'abord pour résultat de mettre en jeu tout ou partie de ces forces élastiques préexistantes, et, tant que celles-ci ne sont pas dépassées, on reste dans la période élastique; mais si l'effort extérieur va continuellement en augmentant, on arrive à déformer le corps en y développant de nouvelles tensions dont la résultante est égale à celle de l'effort actuel.

Ces déformations permanentes peuvent en partie ne pas apparaître extérieurement, elles restent alors localisées d'après la répartition des déformations préexistantes que met en évidence l'étude micrographique du métal, mais lorsqu'elles se manifestent, elles présentent toujours les caractères que nous rappelions plus haut, avec un mouvement ondulatoire nettement accentué.

En ce qui concerne en particulier l'essai à la traction, nous avons indiqué tout à l'heure que ce mouvement ondulatoire résultait de la formation des strictions élémentaires qui se manifestent en une série de points de la longueur soumise à l'essai.

Le phénomène se continue jusqu'à localisation de la striction dans la région où se fait la rupture.

La somme de ces strictions élémentaires constitue dès lors ce qu'on appelle l'allongement réparti, et on voit par suite que cette donnée ne correspond pas en réalité à un phénomène bien précis, puisque cette somme ne comprend en fait qu'un nombre indéterminé d'allongements élémentaires et dû en quelque sorte au hasard, car il dépend exclusivement des résistances relatives des divers points de l'éprouvette.

On s'explique dès lors toutes les variations que peut présenter un élément aussi indéterminé, variations qui peuvent atteindre 20 et même 30 p. 100, comme nous le remarquions déjà dans le premier rapport général, et on comprend par là même, qu'après les expériences qu'il a faites, le Comité de la Section A ait dû renoncer à proposer de retenir la mesure distincte de l'allongement réparti.

Celle de l'allongement de striction présente en fait un intérêt plus marqué, puisqu'elle correspond à une propriété précise de la matière qui, en un point fatigué, peut supporter l'allongement ainsi mesuré avant d'arriver à la rupture.

Malheureusement, la mesure de cet allongement de striction présente certaines difficultés pratiques en raison de l'impossibilité qu'on rencontre d'assigner toujours nettement les limites de la région étirée, ou de déterminer de façon précise le diamètre de la section étranglée; mais au point de vue qui nous occupe, c'est déjà un résultat intéressant que de pouvoir indiquer les données vraiment caractéristiques que l'expérimentateur doit s'efforcer de recueillir.

A un point de vue spécial concernant la distance à observer entre les têtes d'éprouvettes par rapport à la longueur utile soumise à l'essai, les expériences de M. Hartmann, confirmées d'ailleurs par les calculs de M. Mesnager, ont montré que, en pratique, les repères peuvent être pris sans inconvénient à une distance des congés égale à la longueur du plus grand côté de l'éprouvette.

Ces observateurs ont en effet reconnu et démontré que les déformations résultant de l'apparition des stries indiquées ne deviennent régulières qu'à partir d'une distance des têtes égale à la largeur de l'éprouvette divisée par l'élément tg x, x étant l'angle que forme la direction de ces stries avec celle de l'axe de l'effort, et comme tg x est plus grand que 1, il en résulte que la distance indiquée peut être prise égale au plus grand côté de l'éprouvette.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES.

Après avoir mentionné ces savantes études qui vont apporter un appoint des plus importants à la théorie de la résistance des matériaux, nous devons relater les recherches et expériences d'ordre pratique effectuées dans le but d'apprécier plus complètement tel ou tel point de vue encore incomplètement élucidé dans les diverses méthodes d'essai.

Digitized by Google

Essai à la traction.

En ce qui concerne l'essai à la traction, M. Lebasteur nous a remis au nom de M. Ledoux une intéressante note dans laquelle l'auteur étudie *l'influence de la rapidité de l'essai sur les résultats obtenus.* La question avait déjà été examinée au cours de la première session par M. André Le Chatelier, qui avait établi à ce sujet un important rapport que la note de M. Ledoux vient ainsi compléter.

Le mode d'attache à recommander pour la fixation des éprouvettes dans l'essai à la traction avait fait aussi, au cours de la première session, l'objet d'un examen spécial dans le rapport présenté sur les machines d'essai par MM. Lebasteur et Arnould; il avait été impossible alors, faute de renseignements suffisants, de décider s'il y avait lieu d'interdire certaines dispositions particulières, comme l'emploi des mors à griffes; la question a donc été reprise à nouveau dans un rapport présenté par MM. Polonceau et Barba, et nos collègues ont ainsi fixé définitivement les conditions dans lesquelles les mors à griffes peuvent être acceptés sans inconvénient pour les essais courants.

Essai de poinçonnage.

Le poinçonnage est une des opérations les plus fréquentes dans le travail industriel des métaux, et, au cours de notre première session, le Comité d'études avait insisté à diverses reprises sur l'intérêt qu'il y aurait à l'utiliser, de même que le cisaillement par exemple, pour en tirer des renseignements sur la qualité des métaux mis en œuvre, et suppléer ainsi dans une certaine mesure aux essais spéciaux qu'il faut effectuer autrement.

Depuis lors, le désir ainsi exprimé par le Comité a pu recevoir satisfaction grâce aux travaux récemment effectués par notre collègue M. Frémont qui a réussi à élucider la théorie de ces deux opérations du poinçonnage et du cisaillement, et à fournir en même temps le moyen simple de représenter les phénomènes dont elles s'accompagnent et de mesurer les efforts développés.

Plus tard, en ce qui concerne l'essai des métaux, MM. Frémont et Baclé ont effectué sur le poinçonnage de nombreuses expériences à la suite desquelles ils ont pu montrer comment il serait possible de faire de cette opération une véritable méthode d'essai, et de tirer du diagramme représentatif ainsi obtenu des indications précises sur la qualité du métal.

Dans un rapport spécial présenté à ce sujet, M. Baclé à résumé les expériences faites par lui en collaboration avec M. Frémont et montré par la discussion des résultats que le diagramme de poinçonnage, lorsqu'il aura pu être complètement interprété, pourra donner des indications d'une précision comparable à celle que peut fournir l'essai à la traction graduée; il permettrait donc d'y suppléer dans une certaine mesure.

Les expériences sont continuées actuellement; elles ne sont pas encore assez avancées pour qu'il soit possible d'en faire l'objet d'un second rapport, mais nous pouvons dire toutefois qu'elles viennent confirmer les principes exposés et les résultats entrevus.

Nous ajouterons ce point important que le diagramme de poinçonnage convenablement interprété paraît bien donner effectivement deux des plus importants parmi les éléments caractéristiques du métal, savoir la résistance à la rupture et l'allongement à la striction. La résistance à la rupture et même la résistance élastique sont indiquées immédiatement par les ordonnées du diagramme; quant à l'allongement de striction, il paraît être fourni par l'abscisse de l'ordonnée correspondant à l'origine des déchirures.

C'est là du reste une observation qui se présente avec de grands caractères de probabilité, puisque les déformations provoquées par le poinçonnage sont localisées en quelque sorte en un point unique, et ne peuvent dès lors mettre en jeu que le seul allongement de striction.

Digitized by Google

Il y a lieu de penser que les recherches en cours apporteront la vérification expérimentale de l'aperçu ainsi formulé, et on reconnaît immédiatement toute l'importance de ce résultat, si on se rappelle que la mesure de l'allongement à la striction présente, ainsi que nous l'exposions plus haut en parlant des lignes de Hartmann, un intérêt qui ne s'attache pas au même degré à celle de l'allongement réparti.

L'essai de poinçonnage ainsi envisagé doit présenter l'avantage de fournir cette donnée caractéristique avec plus de précision que l'essai à la traction, et on voit en outre que ces avantages sont obtenus par une opération simple et rapide et en même temps moins dispendieuse.

Essais de dureté.

Passant ensuite aux essais spéciaux ayant pour but de mesurer la dureté des métaux, lesquels constituaient la troisième catégorie de la classification adoptée dans le rapport général pour les essais mécaniques, nous signalerons l'important rapport dans lequel M. Osmond a étudié les *essais par pénétration statique et par striage,* et a complété ainsi les savantes études qu'il nous avait déjà remises à ce sujet au cours de la première session.

M. le colonel Martel a poursuivi de son côté l'étude de la curieuse *méthode de mesure de la dureté superficielle* qu'il avait fait connaître au Comité au cours de la première session, et il a résumé dans un nouveau rapport des plus intéressants les expériences personnelles qu'il a effectuées à cet effet.

Il a montré ainsi comment il était possible d'étendre les lois qu'il avait formulées d'abord dans le cas d'un couteau pyramidal de poids relativement faible tombant d'assez grande hauteur, et d'en retrouver encore l'application lorsqu'on remplace ce couteau par un poids très lourd tombant d'une hauteur très petite, ou qu'on arrive même au cas extrême de la pression graduée.

On voit par là tout l'intérêt que présente cette épreuve de résistance au refoulement superficiel puisque, même dans les conditions d'application les plus variées, elle apporte des résultats précis qu'on ne saurait obtenir autrement.

Elle est en outre l'une des rares épreuves qui permettent de vérifier l'homogénéité des pièces forgées de grande longueur sans y provoquer aucune altération.

Essais de certaines pièces finies.

Passant ensuite aux essais sur pièces finies, nous signalerons l'intéressant rapport dans lequel M. Clérault a exposé les résultats obtenus dans les expériences effectuées par lui pour déterminer la souplesse des câbles métalliques.

Ces expériences, que M. Clérault a bien voulu entreprendre dans les ateliers de la Compagnie de l'Ouest pour répondre au désir exprimé au cours de la première session, ont montré que la machine employée dans ces ateliers de cette compagnie pour l'essai des rotules d'accouplement du frein à air comprimé pouvait être appliquée avantageusement à l'essai de souplesse des câbles métalliques en les soumettant à des efforts de torsion ou de flexion répétés un grand nombre de fois, soit séparément ou simultanément. Ces expériences ont prouvé en même temps que le métal d'un câble de bonne qualité n'est pas sensiblement altéré au point de vue de sa résistance à la traction par ces essais de flexion et de torsion, maintenus toutefois dans les limites indiquées au rapport de M. Clérault. Il semble au contraire que, avec un métal de mauvaise qualité, les essais de torsion et de flexion répétés auraient pour effet de réduire sensiblement la résistance à la traction, et ils fourniraient par là même un moyen d'appréciation des plus efficaces.

Essais composés.

Après avoir ainsi repris sur divers point l'étude de certaines méthodes d'essai individuellement appliquées, le Comité d'études s'est demandé s'il ne conviendrait pas de se

Digitized by Google

préoccuper davantage dans l'exécution de ces essais des conditions mêmes de fatigue que les pièces sont appelées à supporter en service.

Il arrive le plus fréquemment, en effet, que ces pièces se trouvent sollicitées à la fois par des efforts simultanés de nature différente, comme la traction ou la compression associées au choc, au cisaillement, à la torsion ou à la flexion; dans de pareilles conditions, on peut se demander si le métal conserve toujours la même résistance qu'il a pu présenter dans les essais lorsqu'il était seulement soumis à l'action d'un effort unique.

La question est bien examinée dans la théorie de la résistance des matériaux, mais elle n'avait guère été étudiée jusqu'à présent au point de vue pratique, malgré le grand intérêt que présenterait la vérification des formules les plus généralement admises dans ce cas.

M. le Président Polonceau a bien voulu s'attacher à faire un premier examen de cette question, et dans une note qui sera consultée utilement par les chercheurs qui voudraient pousser plus avant cette étude, il a réuni les résultats observés dans diverses expériences déjà effectuées sur certains essais simultanés.

Ces résultats sont malheureusement trop peu nombreux pour qu'il soit possible encore d'en tirer aucune conclusion bien précise touchant l'exactitude des formules habituelles; mais la question est posée désormais, et en raison de l'importance pratique qu'elle présente, le Comité d'études tient à appuyer de son autorité morale le vœu exprimé par M. Polonceau pour qu'elle fasse désormais l'objet de recherches méthodiques: il n'est pas douteux, en effet, que les expérimentateurs qui voudront s'y attacher y trouveront une ample moisson d'observations utiles entraînant sans doute des conclusions pratiques de grande importance.

M. Polonceau a tenu du reste à donner lui-même l'exemple en étudiant spécialement l'influence du cintrage sur les propriétés mécaniques du fer et de l'acier.

Il a institué à cet effet dans le Laboratoire des ateliers de la compagnie d'Orléans, à Ivry, des expériences variées au cours desquelles il a soumis des éprouvettes cintrées à des essais de rupture par traction, et il a pu reconnaître ainsi que le cintrage n'a pas d'influence défavorable sur la résistance des tôles en fer ou en acier, qu'il tend même à l'augmenter, mais qu'il diminue au contraire l'allongement.

M. Charpy, qui avait effectué de son côté certaines expériences analogues pour déterminer d'après les résultats des essais à la traction, au choc ou à la compression, l'altération provoquée par l'écrouissage dans les propriétés mécaniques de l'acier, était arrivé à des conclusions analogues; il a reconnu aussi que la résistance à la traction se trouve augmentée spécialement dans le sens longitudinal; toutefois dans le sens transversal elle commence d'abord par diminuer. Quant à l'allongement avant rupture, il diminue constamment dans les deux sens.

La résistance à la compression est augmentée seulement dans le sens transversal.

En ce qui concerne la fragilité mesurée par l'essai au choc, elle subit une augmentation sensible, marquée surtout dans le sens transversal.

Essais d'homogénéité.

L'étude approfondie des diverses méthodes actuelles d'essai à laquelle s'est livré le Comité d'études a eu pour conséquence nécessaire et trop fréquente de faire ressortir les inconvénients de chacune d'elles.

Ces inconvénients se sont révélés avec une évidence qui ne s'était pas encore imposée jusqu'à présent d'une manière aussi frappante à l'esprit de la plupart des membres du Comité, malgré leur grande pratique des essais.

Nous avons déjà résumé dans le précédent rapport général les graves critiques qu'a formulées contre l'essai à la traction l'un de ses membres qui l'avait étudié avec une compétence toute particulière au double point de vue théorique et pratique.

S'il est permis d'écarter ces critiques lorsqu'on éprouve les pièces de choix préparées

Digitized by Google

dans des conditions de soins toutes spéciales, comme c'est le cas par exemple pour les produits de la métallurgie militaire, il n'en est pas moins vrai qu'elles reprennent toute leur valeur quand on opère sur des produits commerciaux fabriqués sans précautions spéciales, comme le sont toutes les pièces d'un usage courant.

Il arrive alors, en effet, que l'essai à la traction ne fournit plus sur la pièce étudiée qu'une indication purement localisée qui est loin de correspondre à l'importance des dépenses qu'il exige, et il ne donne pas sur la qualité générale et encore moins sur l'homogénéité de la pièce le renseignement formel et précis qu'on serait en droit d'espérer.

Dans cette pensée, M. Barba s'est attaché à rechercher les méthodes qui pourraient être avantageusement adjointes ou même substituées à l'essai dont il montrait les défectuosités.

Les études que notre savant collègue a entreprises à cet effet ne sont pas encore terminées, et n'ont pu dès lors faire l'objet d'un rapport présenté au Comité, mais nous pouvons déjà indiquer toutefois les idées qui l'ont inspiré.

M. Barba fait ressortir avec raison que la principale garantie à rechercher de la qualité des pièces métalliques c'est l'homogénéité, et que, pour l'obtenir, il importe de pouvoir multiplier les essais, de les répéter en des points divers des mêmes pièces, ce qui oblige par suite à employer des éprouvettes de petites dimensions soumises à un essai aussi simple et aussi expéditif que possible. Il reste à déterminer la forme de ces éprouvettes et le type de cet essai, et M. Barba n'est sans doute pas encore en mesure de donner des conclusions formelles à cet égard; toutefois il fait observer que l'essai le plus convenable paraît être le choc qui met brusquement en jeu toutes les propriétés de résistance du métal, et qui présente l'avantage fréquent de provoquer la rupture avant qu'il ait pu se produire aucune altération du grain sous l'influence même de l'effort développé.

Pour obtenir sûrement cette rupture brusque sans déformation du grain, M. Barba propose d'opérer sur des éprouvettes déjà fortement entaillées sur une ou même sur deux faces, portant dès lors l'amorce bien définie de la section de la rupture de façon que l'énergie du choc se trouve absorbée à peu près exclusivement par ce travail de rupture. La profondeur donnée à ces entailles par M. Barba représente du reste une fraction importante de l'épaisseur des éprouvettes puisqu'elle dépasse généralement les 29 centièmes de celles-ci; pour des éprouvettes variant de 8 à 21 millimètres elle reste comprise entre 3 et 6 millimètres. L'angle formé par les deux faces est de 45 degrés, et le fond de l'entaille constitué par un arrondi dont le rayon ne dépasse pas deux dixièmes de millimètre.

L'idée de l'emploi des éprouvettes entaillées avait été émise déjà devant le Comité d'études par M. André Le Châtelier au cours de la première session. Présentée ainsi par nos distingués collègues, elle devait être accueillie avec grand intérêt, car elle offre l'avantage de donner des cassures normales dont l'apparence n'est pas faussée par les déformations résultant de l'essai lui-même; aussi sous l'impulsion éclairée de M. Godron, Inspecteur général des Constructions navales, vice-président du Comité, l'Administration, de la Marine qui peut s'honorer d'avoir provoqué une grande partie des progrès réalisés au cours de ces dernières années dans les constructions métalliques, s'empressait-elle de mettre à l'étude cette nouvelle méthode d'investigation des métaux dans le but de reconnaître si elle pourrait remédier aux inconvénients des épreuves habituelles.

M. Godron a bien voulu présenter au Comité un rapport dans lequel M. l'ingénieur Auscher exposait les résultats obtenus dans les premières expériences effectuées par lui à ce sujet.

M. Auscher s'est inspiré des indications données par M. Barba, tout en modifiant la disposition générale des entailles; il opérait en effet sur des échantillons prismatiques de 20 millimètres de côté qui étaient entaillés à l'aide d'un burin spécial muni d'un tailleur ayant exactement 1 millimètre de hauteur. Cette entaille de profondeur ainsi limitée

Digitized by Google

était reproduite sur les quatre faces de l'échantillon et non plus seulement sur une seule, comme dans les premières expériences de M. Barba.

La barre est encastrée pour l'essai dans la section entaillée de façon à laisser en porte à faux une longueur de 100 millimètres.

L'extrémité libre est alors soumise au choc d'un mouton de 18 kilogrammes tombant d'une hauteur fixée à l'avance.

Les expériences effectuées ont consisté à déterminer pour chaque nature d'acier éprouvé la hauteur de chute minimum suffisante pour provoquer la rupture de l'éprouvette ainsi préparée.

La connaissance de cette hauteur type, dénommée *hauteur de rupture*, définit en quelque sorte la fragilité de ces diverses natures d'acier, et elle fournit donc à ce point de vue un moyen précis de comparaison qu'aucune méthode n'avait donné jusqu'à présent.

Les résultats ainsi recueillis présentent un vif intérêt, et M. Godron signale précisément que l'application de cette nouvelle méthode lui a permis de déceler la fragilité de diverses pièces qui avaient pu supporter cependant les épreuves habituelles dans des conditions satisfaisantes.

Cette observation avait donc amené la Marine à prévoir une application plus générale de cette méthode, et elle estimait en effet qu'elle y trouverait une garantie précieuse contre la fragilité, avec la possibilité de simplifier en même temps et dans une large mesure l'essai à la traction.

Comme la détermination de la fragilité ainsi effectuée donne au point de vue de la malléabilité du métal le même renseignement et même plus précis que ne le fournit l'observation de l'allongement total après rupture dans l'essai à la traction, la Marine se proposait même de renoncer à la mesure de cet élément, et elle abandonnait en même temps celle de la charge de rupture pour ne retenir que l'indication de la limite élastique qui fournit en effet la donnée la plus intéressante au point de vue de l'application du métal dans les constructions, puisque c'est la limite que la fatigue imposée aux pièces métalliques ne doit jamais atteindre.

On voit par là toute l'importance des simplifications qu'apportera dans les essais l'application de cette nouvelle méthode le jour où elle pourra pénétrer dans la pratique courante.

Nous devons reconnaître toutefois que les essais plus étendus que les Ingénieurs de la Marine ont pu effectuer en se maintenant dans les conditions adoptées par M. Auscher, n'ont pas donné des résultats assez satisfaisants pour qu'il soit permis de voir dès à présent dans cette épreuve sur barreaux entaillés la méthode régulière et incontestée qu'elle promettait.

Ces résultats ont révélé, en effet, des irrégularités très marquées et qui ne sembleraient pas toujours imputables aux seules variations de qualité que le métal pourrait présenter.

Elles paraîtraient, au contraire, s'expliquer plutôt par la difficulté d'obtenir des entailles rigoureusement identiques sur les échantillons expérimentés; il peut arriver, en effet, qu'une différence même légère dans l'exécution de ces entailles, qu'une amorce de trait plus ou moins accentuée dans le fond de celle-ci suffise à provoquer une rupture prématurée qu'on aurait pu éviter autrement. Peut-être toutefois ces irrégularité tiennent-elles aussi dans une certaine mesure au peu de profondeur de l'entaille, l'éprouvette subirait en effet une déformation générale qui absorberait une partie variable de l'effort développé.

Quoi qu'il en soit, les expériences nouvelles pourront seules trancher cette question, mais on ne saurait méconnaître qu'il y a là une objection grave visant principalement l'acuité des entailles, et on pourrait donc l'écarter en adoptant de préférence une forme arrondie. M. Barba estime toutefois d'après les résultats des expériences récemment effectuées par lui avec le concours de M. Le Blant, dans les ateliers du chemin de fer de l'Est, que les métaux de bonne qualité bien homogènes ne donnent pas lieu à de pareilles irrégularités, et il ajoute que cette forme aiguë présente justement l'avantage de préciser

Digitized by Google

la section de rupture et d'empêcher qu'elle ne se déplace en se reportant sur une région plus faible parmi les sections voisines : il en résulte donc que cette acuité accentue mieux les différences entre les sections successives expérimentées.

On voit dès lors que l'emploi des entailles aiguës permettra d'obtenir des renseignements tout-à-fait précis qu'on n'aurait pas autrement dans une étude théorique du métal, si l'expérimentateur a soin de s'attacher à effectuer des entailles bien identiques; mais au point de vue de la pratique courante, il est peut-être à craindre que cette méthode d'essai ne paraisse toujours un peu délicate.

Il faut, en effet, que la ligne de démarcation entre les échantillons bons et mauvais, susceptibles ou non d'emploi dans l'application projetée, soit assez nettement tranchée pour que ces petites irrégularités inévitables des essais individuels ne puissent jamais la dépasser ni suffire à jeter un doute sur la décision à prendre.

La méthode d'essai par éprouvettes entaillées ne pourra rendre, en un mot, les services qu'elle promet et pénétrer par suite dans la pratique courante que lorsqu'elle aura réussi à satisfaire complètement à cette condition nécessaire.

Les expériences nouvelles que poursuit actuellement M. Barba permettront sans doute de déterminer les précautions à prendre à cet effet dans la préparation des entailles aiguës; elles montreront tout d'abord si on peut, sans altérer la précision des résultats, continuer à pratiquer ces entailles avec un burin ordinaire dont le tranchant s'émousse nécessairement à l'usage, ou si autrement il ne convient pas de recourir à un dispositif spécial en employant par exemple pour achever l'entaille, comme le propose M. Barba, un outil finisseur actionné par un effort de pression qui le ferait pénétrer d'une profondeur d'un demi-millimètre environ.

On conçoit immédiatement que les difficultés tenant à l'acuité des entailles se trouveraient écartées par l'adoption d'une forme arrondie comme nous l'indiquons plus haut, et plusieurs de nos collègues ont donc entrepris de nouvelles études dans ce sens.

Nous citerons en particulier M. Charpy qui procède dans les conditions suivantes, lesquelles lui donnent, dit-il d'excellents résultats.

Il emploie un type d'entaille spécial dont le fond présente un rayon de courbure assez grand et bien constant, facile par suite à reproduire toujours dans des conditions bien identiques.

En employant d'abord le foret par exemple, il perce un trou cylindrique dont les génératrices inférieures vont constituer le fond de l'entaille, il le régularise ensuite à l'alésoir, et il dégage enfin l'entaille par un trait à la scie rejoignant la face supérieure du barreau.

L'entaille ainsi obtenue prend dès lors une forme rigoureusement définie avec une profondeur qui peut être fixée à volonté.

D'un autre côté M. Frémont, dont nous avons déjà signalé plus haut les savantes et ingénieuses recherches, s'est attaché aussi à cette question, et il obtient une entaille simplement arrondie dans le fond en remplaçant le burin par un trait de scie qui donne dès lors un sillon élargi dont la section peut, dit-il, varier dans une certaine mesure sans inconvénient.

M. Frémont a pu en outre réduire les dimensions des éprouvettes ainsi préparées, et il s'en est servi pour effectuer de nombreuses expériences méthodiques comportant des essais de choc exécutés dans des conditions absolument nouvelles et particulièrement intéressantes.

M. Frémont a montré, en effet, comment il était possible au moyen d'une légère modification apportée à l'installation du mouton de choc de mesurer aussitôt après la rupture de l'éprouvette la force vive restante du mouton et de déduire par suite, au moyen d'une simple différence, la valeur exacte de la partie de l'énergie totale absorbée par le travail de rupture.

Grâce à cette ingénieuse méthode, l'effort de rupture par choc peut être mesuré avec

Digitized by Google

la même précision que la rupture par traction graduée, et se représenter dès lors avec exactitude par un chiffre déterminé et caractéristique qui pourra sans doute jouer dans les formules le même rôle que la résistance de traction; l'essai de choc qui, dans bien des cas, paraît seul en mesure de déceler certains défauts de fragilité que ne révèle pas toujours l'essai à la traction, prend en même temps une autorité théorique qu'on ne lui connaissait pas jusque-là.

Si, par exemple, on a mesuré d'autre part la résistance à la rupture de l'éprouvette expérimentée sous un effort de flexion graduée, on pourra définir immédiatement la fragilité du métal en prenant le rapport de l'énergie ainsi dépensée à celle qui se trouve absorbée dans la rupture par choc, et M. Frémont a adopté, en effet, ce coefficient qui lui paraît mieux que tout autre donner une idée exacte de la fragilité.

Avec la forme d'entaille adoptée par M. Frémont, les résultats obtenus seront moins précis peut-être qu'avec la saignée aiguë due au burin; l'expérience seule pourra montrer si effectivement cette forme peut suffire dans la pratique courante; mais, quoi qu'elle décide à ce point de vue, le dispositif proposé par lui pour la mesure de l'énergie de rupture conserve tout l'intérêt d'une méthode nouvelle appelée à recevoir sans doute de nombreuses applications dans l'avenir.

Il faut observer, toutefois, que les expériences effectuées par M. Frémont ne sont pas encore sans doute assez nombreuses pour que la question puisse être considérée comme bien tranchée, et elle devra donc faire l'objet de nouvelles recherches portant sur des métaux de nuances de dureté aussi variées que possible.

A un autre point de vue, la méthode de M. Frémont répond au désir exprimé par M. Barba, qui signalait, ainsi que nous le disions plus haut, l'intérêt de vérifier surtout l'homogénéité des pièces métalliques; elle peut s'appliquer, en effet, comme nous venons de l'indiquer, sur des échantillons de petites dimensions, ce qui permet de multiplier sans inconvénient les expériences et d'utiliser les chutes de toute nature que les pièces peuvent comporter. M. Frémont emploie, en effet, de petits parallélipipèdes à base carrée de 1 centimètre de côté et 8 millimètres d'épaisseur, ce qui lui permet de les prélever au besoin dans les débouchures des trous poinçonnés de diamètre courant.

L'entaille est pratiquée transversalement par un simple de trait de scie au milieu de l'éprouvette, elle reçoit une profondeur d'un millimètre.

Ainsi que nous l'avons rappelé précédemment, les expériences effectuées par les soins de nos distingués collègues sur ces nouvelles méthodes d'investigation des métaux ne sont pas encore assez avancées pour avoir pu faire en temps utile l'objet de communications complètes devant le Comité d'études; toutefois, le présent rapport devait les retenir, car elles forment l'aboutissement régulier des travaux de la Commission qui les ont provoquées dans une certaine mesure, et si, comme il y a lieu de le penser, ces méthodes nouvelles deviennent celles de l'avenir, elles apporteront, ainsi que nous le disions plus haut, la preuve que ces travaux n'ont pas été inféconds et qu'ils ont contribué pour leur part à l'éclosion des découvertes qui viendront peut-être les faire oublier.

Digitized by Google

Digitized by Google

SECTION B.

Dans la première session, la Section B, chargée de l'étude des questions relatives aux « matériaux de construction autres que les métaux », s'est particulièrement occupée des méthodes d'essai des matériaux d'agrégation des maçonneries : ciments, chaux, pouzzolanes, sables et plâtres.

Le rapport général présenté au nom de cette Section par M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Alexandre rappelle que la Section a été tout d'abord fort hésitante sur cette question de principe soulevée par quelques-uns de ses membres, à savoir : s'il ne convenait pas de rechercher, parmi tous les essais actuellement en usage, un petit nombre d'entre eux, qui seraient exclusivement recommandés pour apprécier la qualité des matériaux.

Puis la Section a examiné s'il n'y aurait pas lieu de distinguer deux catégories d'essais différents : des essais de chantier, d'une part; des essais de laboratoire, d'autre part.

Après avoir reconnu la nécessité d'établir des essais normaux dans le but d'obtenir des résultats comparables, pouvant servir à caractériser les produits expérimentés, la Section a eu à discuter l'opinon émise par quelques-uns de ses membres qui auraient désiré qu'elle indiquât, en même temps que les meilleures méthodes d'essai, les résultats, les chiffres correspondant aux divers produits de bonne qualité.

La Section a jugé que c'était avec raison que les travaux de la Commission avaient été limités au choix des Méthodes d'essai sans qu'elle ait à fixer une sorte de classement des produits d'après les résultats fournis par les épreuves.

Mais, ne convenait-il pas de procéder à une classification des matériaux d'agrégation des maçonneries? La majorité de la Section a pensé que si l'on entrait dans cette voie, on rencontrerait immédiatement, aussi bien au point de vue technique qu'au point de vue commercial, des difficultés graves; elle a estimé que cette classification n'était point aussi désirable que le soutenait par ailleurs une minorité assez imposante.

En présentant ses conclusions, la section B n'a pas dissimulé qu'elles étaient loin d'être complètes et qu'il restait beaucoup à faire pour fixer des méthodes sûres et précises, applicables à tous les essais que comporte l'étude des matériaux d'agrégation des maçonneries.

Après ces considérations d'ordre général, la Section B, abordant les essais des ciments, a présenté des conclusions assez précises sur la détermination de la finesse de mouture des ciments, bien que le tamisage complet à la machine ait été seulement recommandé et n'ait pu faire l'objet d'une prescription ferme, faute d'avoir arrêté les conditions auxquelles devrait satisfaire la machine à essayer.

Pour la détermination du poids spécifique des ciments, considérant qu'il s'agit d'une propriété absolue, la Section s'est bornée à formuler des prescriptions générales applicables à l'emploi des volumètres. Elle a fait une étude plus détaillée et donné des conclusions plus fermes pour la détermination de la densité apparente des ciments en recommandant l'emploi d'un appareil « entonnoir à tamis » étudié par ses soins au laboratoire de l'École des ponts et chaussées.

Comme elle l'avait fait pour la détermination du poids spécifique, la Section a laissé aux opérateurs la liberté des méthodes à employer pour déterminer la composition chimique des ciments; elle a seulement recommandé de faire des analyses complètes, d'indiquer sans groupement tous les éléments trouvés; elle a constaté qu'à défaut d'analyse complète, le dosage des matières volatiles pouvait fournir des renseignements utiles.

Comme le faisait d'autre part pour les métaux la Section A, la Section B s'est pré-

Digitized by Google

occupée de vérifier l'homogénéité des produits livrés par le commerce, par des procédés physiques ou chimiques.

La confection des pâtes et mortiers normaux de ciments pour les essais était une des questions les plus délicates que la Section B eût à examiner. En ce qui concerne la pâte normale de ciment, l'accord a pu s'établir sur des conclusions assez précises; pour les mortiers, il a fallu recourir provisoirement à deux sables normaux : le sable normal simple et le sable normal composé, donnant deux mortiers normaux : le second, un mortier normal plastique; le premier, un mortier normal sec.

Malgré son désir de ne pas faire de classification des produits hydrauliques, la Section a dû prescrire des dispositions spéciales aux ciments à prise rapide.

La Section a proposé à la Commission d'exprimer le vœu qu'après une entente internationale, un mortier normal plastique soit employé pour les essais de toute nature, à l'exclusion du mortier normal sec.

Les règles fixées pour essais de prise des pâtes de ciment, comportant la détermination du début et de la fin de la prise, en considérant d'abord les ciments à prise lente, ont été étendus aux ciments à prise rapide; la Commission a exprimé le vœu que pour ces derniers produits l'on étudie l'emploi du thermomètre.

M. le rapporteur général Alexandre a si bien mis en évidence les difficultés spéciales aux essais de prise sur les mortiers que la Section a renoncé à proposer aucune définition conventionnelle du début de la prise des mortiers et n'a proposé qu'à titre provisoire des conclusions pour la fin de prise. La Commission a exprimé le vœu que l'on poursuive les études entreprises relativement à la prise des pâtes et mortiers de ciment.

La Section B n'a pas hésité, non plus que la Section A, à consigner que les essais de rupture par traction étant de beaucoup les plus usités, l'importance qu'on leur attribue est souvent exagérée. Sans doute, écrit M. Alexandre, la résistance satisfaisante d'un mortier est une garantie de la bonne qualité des matériaux dont il est composé ; mais il peut arriver, si ces matériaux sont défectueux, que la résistance, qu'on a constatée pendant quelques mois seulement, diminue peu à peu, avec le temps, et que les épreuves sur lesquelles on s'est appuyé n'aient donné qu'une sécurité trompeuse. Sous cette réserve de principe, les essais de rupture par traction ont été réglementés assez complètement pour divers cas : immersion en eau douce, en eau de mer, conservation à l'air.

Dans le but d'éviter la confection d'éprouvettes spéciales, la Section B a accepté de prendre comme éprouvettes pour les essais de rupture par compression, les demi-briquettes séparées par traction; à défaut, on pourrait se servir d'éprouvettes cylindriques de 45 millimètres de diamètre et de 22 millimètres de hauteur. Pour les essais ayant pour objet la comparaison de mortiers à d'autres matériaux, on a recommandé provisoirement l'emploi de cubes de 50 centimètres carrés de face, placés en délit. La Commission a d'ailleurs exprimé le vœu que des recherches soient poursuivies en vue d'étudier les avantages que pourrait présenter l'emploi de cylindres de petites dimensions pour les essais à la compression, ainsi que la substitution du poinçonnage à l'écrasement.

Un des points les plus intéressants à relever, c'est la réintroduction, sous le patronage de M. L. Durand-Claye, des essais de flexion qui, dans les conditions déterminées par la Section B, peuvent à leur tour détrôner les essais à la traction qui exigent des éprouvettes plus difficiles à confectionner que les prismes d'essais à la flexion.

Depuis plusieurs années, on se préoccupe fort justement, en France comme dans les pays étrangers, de rechercher, par des essais dits de déformation, si les pâtes et mortiers de ciments sont susceptibles d'éprouver avec le temps des variations de volume dont les conséquences peuvent être fort graves. Diverses méthodes sont en présence que M. le rapporteur général Alexandre a classées en deux groupes : méthodes à longue échéance, méthodes rapides.

Malheuaeusement il est fort difficile de certifier qu'il existe une véritable corrélation entre les résultats des essais — surtout par les méthodes rapides — et les constatations que l'on fait dans la pratique des travaux; aussi, après avoir réglementé quelques-unes de ces méthodes, la Commission a dû finalement émettre le vœu que des expériences pro-

Digitized by Google

longées pendant plusieurs années et portant sur un grand nombre d'échantillons de ciments, notamment de ciments à prise rapide, soient entreprises en vue de fournir des données plus complètes quant aux essais comparatifs de déformation exécutés à chaud et à froid.

Les essais de rendement, moins importants, ont été déterminés sans difficulté.

Pour préciser les conditions dans lesquelles on pourrait procéder à des essais de porosité, la Section B a mis à profit des expériences faites spécialement à cet effet par MM. H. Le Chatelier, Alexandre et Debray.

La réglementation des essais de perméabilité à l'eau a été assez facile grâce aux travaux antérieurs des laboratoires des ponts et chaussées de Dieppe, de Boulogne-sur-Mer, des laboratoires de l'École des Ponts et chaussées; nous verrons que le vœu formulé par la Commission, qu'il soit procédé à des études permettant d'établir des méthodes d'essai de perméabilité des mortiers, en ce qui concerne les gaz, a été exaucé en partie, grâce à l'intervention de M. Trélat qui a suscité et présenté des rapports intéressants.

Les essais de décomposition par l'eau de mer sont pratiqués depuis longtemps en France, tant dans les ports de mer où l'on dispose d'eau de mer qu'il faut d'ailleurs puiser dans des conditions convenables, et non au hasard, que dans des laboratoires où, à défaut d'eau de mer naturelle, on utilise des dissolutions salines diverses, de l'eau de mer artificielle. Tout en reconnaissant que les conditions dans lesquelles s'effectuent dans les laboratoires les essais de décomposition des pâtes et mortiers par l'eau de mer en exagèrent généralement les effets, la Commission a jugé que ces essais peuvent donner des indications utiles et doivent être recommandés; elle a formulé des règles assez précises à ce sujet.

On n'a pas, pour les essais d'adhérence des ciments, une pratique aussi longue à beaucoup près que pour les essais précédents; la Section B a toutefois proposé, à titre provisoire, des conclusions qui ont été adoptées par la Commission.

Les essais de chaux ont été réglementés par la Section B et la Commission, d'après les décisions prises pour les ciments, sauf quelques modifications de détail; nous nous contenterons de renvoyer pour ces modifications au rapport général de M. Alexandre.

L'emploi des pouzzolanes étant actuellemement fort restreint en France, la Section ne s'est occupée que des méthodes d'essai applicables au trass d'Allemagne ou de Hollande encore usité dans quelques ports du Nord.

Les essais des sables destinés à la confection des mortiers ont été l'objet d'études spéciales de la Section qui a mis à profit les travaux de MM. Alexandre et Feret ; il y a là bien des aperçus nouveaux dignes de retenir l'attention non seulement des gens de laboratoire, mais aussi des praticiens.

Bien que l'emploi des plâtres soit très répandu dans la construction, on ne fait guère d'essais d'allure quelque peu scientifique sur ces produits. Peut-être, ainsi que le signale M. Alexandre, cela tient-il à ce que, à l'inverse de ce qui a lieu pour d'autres matériaux d'agrégation des maçonneries, les propriétés des plâtres peuvent, dans nombre de cas, être appréciées dans un très court délai, en employant un échantillon à l'exécution d'une petite partie d'un ouvrage analogue à celui auquel la fourniture est destinée. La Section B a donc terminé ses prescriptions sur les essais de plâtre en exprimant le vœu que des études soient poursuivies en vue de compléter les règles indiquées et elle a appelé particulièrement l'attention sur l'utilité de recherches ayant pour but de déterminer la résistance des plâtres à l'action de l'air ambiant, leur déformation et leur force d'adhérence.

On voit par l'analyse ci-dessus des travaux de la première session de la Section B que celle-ci avait, en effet, reconnu que nombre de questions relatives aux matériaux d'agrégation des maçonneries ne pouvaient être résolues sans études nouvelles et que, sur certains points, il convenait peut-être d'abandonner les errements actuels pour revenir à d'anciens errements ou pour suivre des voies nouvelles en se guidant d'après les principes de physique et de chimie établis en ces dernières années

Digitized by Google

Au cours de la deuxième session, quelques notes complémentaires ont été présentées à la Section, notamment par M. H. Le Chatelier sur les essais de résistance à chaud, par M. Feret sur les essais d'invariabilité de volume et les essais à chaud en général; une Sous-Commission a même formulé un programme d'expériences à faire pour l'étude comparative des essais à froid et à chaud, mais aucun résultat définitif n'a été acquis et l'on est resté dans le *statu quo* en attendant une rénovation plus ou moins profonde.

Sur le rapport de M. Gautier, la Section a réglementé d'une façon assez complète les essais des pierres de construction naturelles, ainsi qu'on en jugera par les conclusions qui figurent en fin de ce rapport et qui ne semblent pas avoir besoin de justification spéciale. D'une manière générale, on a admis les errements depuis longtemps en usage tant au service des expériences et recherches statistiques sur les matériaux de construction autrefois dirigé par MM. les ingénieurs en chef Michelot et de Perrodil, avec la collaboration de M. le conducteur Dorry, qu'aux laboratoires de l'École des ponts et chaussées dirigés par M. l'inspecteur général Durand-Claye et M. l'ingénieur en chef Debray, avec la collaboration de MM. Klein et Mercier.

Nous signalerons un rapport intéressant de M. Viallet sur les méthodes d'essai des pierres artificielles ou plutôt sur l'emploi des pierres artificielles.

Les renseignements donnés par M. Viallet dans ce même rapport sur les chaussées et trottoirs en ciment se rattachent aux travaux d'un autre membre de la Section, M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Monmerqué, sur les méthodes d'essai des matériaux employés à la confection des chaussées.

On rattachera au mémoire de MM. Michel Lévy et Walckenaer, publié dans les travaux de la première session, Section A, les indications données par M. Viallet sur l'épreuve hydraulique des conduites d'eau en béton ou mortier de ciment.

M. Émile Trélat a exaucé un des vœux exprimés par la Section B en lui présentant deux notes de M. A. Cordeau : la première sur l'hygroscopicité des pierres, la deuxième sur la perméabilité des matériaux de construction. Ce dernier sujet a été également traité par M. Somasco dans une note présentée par M. Debray.

L'étude sur l'hygroscopicité des pierres de M. A. Cordeau donne d'abord la description des procédés expérimentaux employés par ce savant, et se termine par l'énoncé d'une série de lois sur l'hygroscopicité, définie comme étant la propriété que possèdent les matériaux d'absorber par capillarité l'eau qui vient au contact de leurs faces.

La note sur la perméabilité des matériaux, après référence aux travaux de la première session sur la porosité, définit la perméabilité comme étant la propriété que possèdent les matériaux de se laisser traverser par les fluides, en distinguant la perméabilité aux liquides et la perméabilité aux gaz; elle établit qu'il n'y a pas proportionnalité nécessaire entre la porosité d'un corps et sa perméabilité soit aux liquides soit aux gaz, tout dépendant de la largeur, du nombre et de la capacité des pores. M. A. Cordeau proposait d'instituer une série d'expériences sur la perméabilité à l'eau.

Quant à la perméabilité aux gaz, M. A. Cordeau a succinctement rappelé des expériences de Pettenkofer, les recherches de Märker, Lang, Van Overbeck, Meyer, Fodor, Poincaré, du docteur Layet et enfin de MM. Hudelo et Somasco; il a spécialement traité de l'influence de l'état d'humectation des matériaux sur leur perméabilité aux gaz, d'après Hudelo et Lang. Cette note se termine, comme bien d'autres, par des vœux : demande d'expérience sur des matériaux mouillés d'une manière bien définie; étude de l'action prolongée de l'eau sur certains matériaux.

La note de M. Somasco résumant ses expériences sur la perméabilité des matériaux de construction comprend deux parties : dans la première, qui contient des vues peu connues d'un grand nombre de constructeurs, l'auteur de la note examine quelle peut être l'influence de la perméabilité des matériaux sur l'hygiène des locaux habités. Dans la seconde partie, M. Somasco décrit les moyens à employer pour mesurer la perméabilité des matériaux et donne quelques résultats d'où il conclut que « les matériaux usuels ont, pour l'air atmosphérique, une perméabilité assez grande pour qu'il ne

Digitized by Google

soit pas permis de négliger l'appoint que l'enveloppe extérieure apporte à l'aération générale de nos habitations ».

M. Pierre Larivière, qui a étudié avec une compétence toute spéciale les schistes ardoisiers, a fort heureusement présenté à la Section et fait adopter des conclusions sur les essais des schistes ardoisiers pour couvertures.

Il résulte des renseignements fournis par M. Larivière qu'il est important de s'assurer de la provenance des ardoises, d'en examiner soigneusement les conditions de gisement, d'exploitation, leur constitution minéralogique, leurs clivages, etc. Le débitage des éprouvettes d'essai exige des précautions minutieusement décrites. Les essais comportent la détermination de la résistance à la rupture par flexion et de l'élasticité des éprouvettes; la Section a signalé l'intérêt qu'il y aurait à déterminer la faculté d'absorption de l'eau que présentent les ardoises. En raison de la bonne qualité générale des ardoises françaises, on n'a pas cru devoir recommander la méthode employée en Allemagne et en Suisse pour éliminer, au moyen de l'action de vapeurs d'une dissolution d'acide sulfureux, les ardoises de mauvaise qualité.

Les conclusions de ce travail de M. Larivière sont reproduites en fin du rapport général.

Il en est de même des conclusions d'un travail extrêmement intéressant présenté sur les méthodes d'essai des produits céramiques par un ingénieur dont la compétence en céramique est universellement reconnue, M. E. Bourry. Les causes qui peuvent amener la désagrégation partielle ou totale des briques et des tuiles peuvent, d'après M. Bourry, se diviser en trois catégories :

1° causes physiques extérieures : humidité, végétations, gelée, atmosphère saline;

2° causes mécaniques : surcharge provoquant l'écrasement pour les briques, la rupture par flexion pour les tuiles;

3° causes chimiques internes : présence dans les matériaux de chaux ou de magnésie et de sels solubles.

Les essais doivent donc se classer également en trois catégories : 1° essais physiques; 2° essais mécaniques; 3° essais chimiques.

Ces essais sont successivement étudiés et un grand nombre sont réglementés.

Pour les essais physiques : 1° observation de la structure ou de l'homogénéité; 2° poids spécifique; 3° densité apparente; 4° porosité absolue; 5° porosité relative ou poids d'eau absorbée dans un temps déterminé; 6° perméabilité; 7° essais de résistance à la gelée.

Pour les essais mécaniques, en ce qui concerne les briques et matériaux analogues : 1° résistance à la rupture par écrasement; 2° résistance à la rupture par flexion; 3° résistance à l'usure par frottement; 4° résistance à la rupture par choc.

Les tuyaux sont essayés à la rupture par pression intérieure (voir rapport Michel Lévy et Walckenaer, 1re session, Section A, et rapport Viallet, 2e session, Section B).

Les essais chimiques comprennent notamment la recherche de la chaux ou de la magnésie caustique et la détermination des sels solubles.

M. Monmerqué a traité, dans un rapport volumineux, des méthodes d'essai des matériaux employés à la construction des chaussées. Le sujet était vaste et il était très difficile d'y apporter toutes les précisions désirables.

Ainsi que le signale M. Monmerqué, les méthodes d'essai des matériaux constituant les chaussées (chaussées empierrées, chaussées pavées ou dallées; chaussées à revêtement lisse et continu, sans joints) devraient se classer en deux catégories : 1° essais de la valeur intrinsèque des matériaux proprement dits; 2° essais des matériaux en place et employés.

La Commission des méthodes d'essai ne s'est occupée, avec M. Monmerqué, que des essais de la valeur intrinsèque des matériaux.

Pour les matériaux d'empierrement, on a étudié successivement les conditions de prise d'échantillon, puis la composition granulométrique, la composition minéralogique et comme complément aux essais ordinaires des pierres (densité, dureté, résistance à

Digitized by Google

l'écrasement, porosité, résistance à la gelée) l'essai d'usure par frottement et choc des matériaux les uns sur les autres et contre les parois d'un cylindre où ils sont renfermés, suivant la méthode de M. Deval. M. Monmerqué a donné les résultats d'un certain nombre d'essais faits avec l'appareil Deval au laboratoire de la ville de Paris. On consultera également avec profit un recueil de résultats obtenus avec le même appareil aux laboratoires de l'École des Ponts et Chaussées, en suite de travaux exécutés à la demande de la Commission des routes nationales de France.

Dans la catégorie des pavages ou dallages, M. Monmerqué a étudié surtout les pavages en pierre de la ville de Paris; il recommande justement les essais de résistance à l'usure, de dureté au moyen de l'appareil Dorry qui est maintenant généralement adopté non seulement en France, mais encore à l'étranger.

M. Monmerqué a proposé d'instituer des essais au glissement.

Les pavages en bois ont pris en ces dernières années, à Paris en particulier, une grande importance. Après avoir rappelé divers systèmes de pavage successivement employés et donné des indications utiles aux constructeurs, M. Monmerqué signale particulièrement aux expérimentateurs des essais sur le gonflement des pavages en bois faits tant au laboratoire de la ville de Paris qu'au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées, en renvoyant ses lecteurs au Traité des pavages en bois publié par M. Petsche.

Finalement la Section a pris certaines décisions réglementant les essais qui paraissaient les plus intéressants, savoir : 1° détermination du module d'élasticité des bois; 2° rupture par flexion; 3° usure par frottement; 4° écrasement; 5° choc; 6° effets de gonflement et de poussée sous l'influence de l'humidité. Ces décisions comportent certaines réserves en raison du petit nombre d'essais dont on avait connaissance.

Sur les bitumes et asphaltes, M. Monmerqué a donné également des renseignements intéressants pris, pour la plupart au service municipal de la ville de Paris; il y a lieu de comparer ce que dit M. Monmerqué des revêtements en ciment avec la note de M. Viallet, précédemment citée.

Pour traiter des méthodes d'essais des bois, la Section B a eu tout d'abord recours à la compétence et au zèle d'un membre de la Section A, M. Bès de Berc, ingénieur en chef des constructions navales, qui lui a fait part des traditions du corps du Génie maritime qui a fait grand usage du bois jusqu'à ces dernières années. Plus tard la question a été reprise par un de nos nouveaux collègues, M. Thil, inspecteur des eaux et forêts, qui a présenté sur la constitution des bois, au point de vue de leur emploi dans les constructions, un travail magistral montrant, comme les travaux de M. Osmond et autres sur la constitution des métaux, comment la haute science pouvait avoir des conséquences pratiques de telle sorte que les praticiens ne sont pas fondés comme certains l'ont pensé, le pensent encore peut-être à l'heure actuelle, à considérer les gens de laboratoire comme inutiles. Cette question des essais des bois a finalement été traitée par les Comités A et B réunis, comme on le verra plus loin.

Digitized by Google

SECTIONS A ET B.

APPLICATION DES MÉTHODES D'ESSAIS AUX BOIS D'OEUVRE ET À CERTAINS PRODUITS SECONDAIRES DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION SUSCEPTIBLES D'ÊTRE SOUMIS À CES ÉPREUVES.

Après avoir procédé à l'examen détaillé des diverses méthodes d'essai applicables aux produits dont ils avaient spécialement à s'occuper, dans la Section A pour les métaux, et dans la Section B pour les matériaux d'agrégation, les Comités des deux Sections, réunis comme il a été dit plus haut sous la présidence de M. le général Gras, ont abordé l'étude de l'application de ces méthodes d'essais à divers produits secondaires rentrant d'une façon moins directe dans les matériaux de construction, mais dont la réception s'opère déjà effectivement au moyen de ces mêmes épreuves, ou qui tout au moins ont paru susceptibles d'y être soumis dans l'avenir.

BOIS D'ŒUVRE.

Parmi ces produits, nous devons signaler en premier lieu les bois d'œuvre qu'il était du reste impossible de négliger dans une revue complète des matériaux de construction.

Un premier rapport des plus intéressants fût présenté à ce sujet devant la Section B par M. E. Bès de Berc qui étudie surtout les méthodes d'essai et les conditions de recette des bois.

L'appréciation des éléments qui déterminent la valeur des bois, aussi bien que celle des meilleures conditions de recette à adopter suivant les applications qu'on a en vue, constituent des questions généralement peu connues des ingénieurs; aussi les Comités A et B ont-ils pris connaissance avec le plus vif intérêt de l'important rapport établi par M. E. Bès de Berc sur ce sujet, et qui fut renvoyé à leur examen après avoir été présenté d'abord devant la Section B, ainsi qu'il a été indiqué plus haut.

Analysant les éléments principaux susceptibles d'influencer les propriétés des bois, M. E. Bès de Berc fait ressortir avec raison l'importance qui s'attache à étudier spécialement chacun d'eux. Tels sont par exemple, la nature et la provenance des bois, leur âge, le sol qui les a nourris, l'observation microscopique des copeaux et des couches de croissance annuelle, la recherche des vices et des tares diverses qui peuvent affecter les échantillons expérimentés, l'examen des procédés employés pour la conservation des bois depuis leur abatage, etc. Le rapport aborde ensuite l'étude des essais physiques et mécaniques destinés, les uns à mesurer la densité et l'imbibition, les autres la résistance à la tension ou à la flexion, à la compression ou à l'écrasement, au cisaillement, etc.

M. E. Bès de Berc décrit les procédés et les appareils actuellement employés par les expérimentateurs pour la détermination de ces propriétés diverses; il discute les dimensions d'éprouvettes adoptées, le sens à leur donner, parallèle ou perpendiculaire par rapport aux fibres.

Il signale enfin divers essais spéciaux décrits par MM. Durand-Claye et Debray et récemment effectués au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées en vue de certaines applications déterminées comme le pavage des rues de la Ville de Paris. Tels sont, par exemple, l'essai d'usure par frottement, l'essai de choc, la mesure des efforts de poussée résultant de l'imbibition.

M. E. Bès de Berc a tenu d'ailleurs à compléter son travail par l'exposé des qualités à rechercher et des méthodes d'essai actuellement adoptées suivant les diverses applica-

Digitized by Google

tions : pour les usages de la marine, les charpentes et constructions, les traverses de chemins de fer, les étais ou boisages des mines et les poteaux télégraphiques. Les praticiens trouveront donc dans cet important travail des notions intéressantes dont ils pourront tirer grand profit, quelle que soit leur spécialité.

Au cours des séances tenues par les deux Comités A et B, M. le commandant Pralon apporta à son tour une note documentée, dans laquelle, montrant qu'il savait aborder avec autorité les sujets les plus divers, notre distingué collègue développa l'exposé détaillé des maladies dont les bois de construction peuvent être affectés.

Analysant à cet effets les divers types de lésions des ligneux, il montra que celles-ci se répartissent naturellement en deux grandes catégories suivant qu'elles sont dues à des accidents physiques ou à l'invasion des parasites organiques. Les premières résultent le plus souvent des variations atmosphériques, comme l'action de la chaleur et surtout du froid et de la gelée, ou autrement des blessures faites par l'homme ou les animaux. Les secondes sont dues à la présence d'organismes étrangers qui se développent au détriment des éléments constitutifs des ligneux.

Ces lésions organiques sont minutieusement étudiées dans le travail de M. le commandant Pralon; il y distingue les divers parasites animaux ou végétaux qui les provoquent; soit parmi les premiers, les insectes, comme les pucerons, kermès et scolytes, puis les termites et enfin les vers, vrillettes, lymexillons et tarets, et parmi les seconds, les bactéries situées à la limite du règne animal et les divers champignons ou *mycètes*, comme le *merullius lacrymans* et le *polyporus vaporarius*. Dans cette revue détaillée des maladies des bois, M. le commandant Pralon indique en même temps les moyens de les reconnaître et les distinguer, d'en prévenir dans une certaine mesure l'éclosion ou le développement, et il apporte ainsi à son tour des renseignements du plus haut intérêt pour le praticien.

Vient enfin l'étude magistrale dans laquelle M. Thil présente le résumé méthodique de toutes nos connaissances actuelles sur la constitution intime et le mode de résistance des bois.

M. Thil montre en même temps les conséquences pratiques que les études théoriques nouvelles sur l'anatomie des bois devront entraîner dans les conditions de réception de ces produits, et il indique en outre comment il conviendrait de compléter à cet égard les conclusions déjà présentées par M. E. Bès de Berc.

Joint aux deux rapports précédemment rappelés, cet important travail épuise complètement, on peut le dire, l'état actuel de la question.

Qu'il nous soit permis de signaler là encore un nouvel exemple des conséquences heureuses que des recherches purement théoriques en apparence peuvent entraîner au point de vue pratique, car, en s'appliquant ainsi sur un sujet généralement peu connu, le rapport de M. Thil présente l'avantage d'apporter par là même la justification de bien des prescriptions restées encore inexpliquées, en même temps que la rectification de certaines données inexactes que les recherches scientifiques sont ainsi venues corriger.

Dans cette situation, la Commission tient à appuyer de toute son autorité morale le vœu émis par M. le colonel Lerosey pour que ces études expérimentales et méthodiques soient continuées dans l'avenir en s'attachant à opérer dans des conditions formelles et bien définies qu'on ne rencontre pas toujours dans les recherches antérieures.

La pratique des constructions attache en effet un intérêt considérable à voir déterminer exactement la résistance à la rupture et les limites élastiques de chacune des diverses essences qu'elle emploie, sous les différents efforts auxquels les pièces peuvent être soumises, comme traction, compression ou flexion, de façon que l'architecte puisse disposer pour les bois de chiffres bien précis, comme il le fait déjà pour les métaux.

Comme il s'agit du reste d'un produit organique nécessairement exposé par suite aux irrégularités de développement et aux maladies de toute nature que la vie entraîne avec elle, il sera d'autant plus nécessaire de définir avec soin l'état particulier que présente à ce point de vue le produit expérimenté; ainsi que l'a remarqué M. le commandant Pralon, il faut toujours noter si on opère sur un échantillon complètement sain, ou pré-

Digitized by Google

sentant déjà, au contraire, ces colorations caractéristiques des mycoses, symptômes précurseurs de l'invasion prochaine des organismes parasites qui viennent ronger le bois et lui enlever toute résistance.

Signalons d'autre part que M. Thil, se préoccupant de déterminer le mode de résistance des matériaux qu'il étudiait, a pu examiner dans la collection du laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées de nombreux échantillons prismatiques qui avaient été soumis à un effort de compression poussé jusqu'à la rupture.

Les résultats des études ainsi effectuées présentent un intérêt tout spécial, car ils apportent dans ce cas particulier une sorte de vérification expérimentale des recherches théoriques dont nous avons parlé plus haut touchant le mode de résistance des corps solides soumis à des efforts de transformation.

Si l'on considère en effet des échantillons cubiques provenant des bois du genre des conifères, et qu'on les soumette à un effort de compression dirigé parallèlement à l'axe de croissance, on reconnaît que les sections de rupture présentent toujours une disposition sensiblement uniforme dans la section radiale; la ligne de brisure est alors en effet dirigée toujours normalement à la direction de l'effort suivant un rayon médullaire; mais au contraire, dans la section tangentielle, elle prend une direction oblique formant une ligne unique ou quelquefois même deux lignes inclinées l'une sur l'autre de façon à constituer un angle déterminé.

Cet aspect particulier de la section de rupture trouve une explication incontestée dans les différences de résistance que présentent les bois étudiés suivant les diverses directions considérées; ces différences de résistance résultent évidemment de la constitution nécessairement hétérogène des tissus organisés, des positions et directions spéciales des divers vaisseaux qui les alimentent. Aucun doute ne peut s'élever à cet égard pour ce qui concerne les produits végétaux; mais si nous essayons maintenant de revenir aux produits métalliques dont nous parlions plus haut et d'expliquer l'analogie présentée dans les modes de fracture, on voit immédiatement qu'il convient de faire intervenir là aussi la considération du groupement des molécules suivant certaines directions particulières, et nous sommes encore ramenés en un mot à cette notion fondamentale de l'hétérogénéité constitutionnelle si brillamment expliquée déjà par la théorie cellulaire.

Il faut admettre dès lors que le métal ne se comporte pas comme un corps absolument homogène, comme le ferait un fluide dont les molécules acceptent indifféremment tout déplacement qui leur est imprimé dans une direction quelconque.

Nous avons là au contraire une ébauche d'organisation qui fait que les molécules sont rattachées entre elles plus solidement dans certains sens déterminés qui se traduisent à l'extérieur par les lignes de déformation conservant une direction constante et oblique sur l'axe de l'effort.

Sans doute ces lignes de déformation ne sont pas invariablement déterminées à l'avance comme elles le sont sur les produits organisés; elles dépendent surtout en effet de la direction variable de l'effort exercé; mais elles n'en préexistent pas moins en quelque sorte, et, à proprement parler, l'application d'un effort extérieur ne fait que révéler celles qui correspondent à la direction dans laquelle il s'exerce.

L'examen des résultats obtenus dans le cas des bois sur des matériaux dont la constitution est nettement déterminée fournira donc des indications fort intéressantes au point de vue des conclusions à tirer pour les métaux, et, à ce titre, la savante communication de M. Thil sera certainement accueillie avec grand intérêt, même par ceux des techniciens qui s'occupent exclusivement des métaux.

PRODUITS SECONDAIRES DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION PROPREMENT DITS.

Pour ce qui concerne les produits en quelque sorte annexes des matériaux de construction proprements dits, les deux Comités réunis se sont attachés aux suivants :

Articles de corderie, cuirs, draps, toiles et tissus divers, papiers et caoutchoucs.

Digitized by Google

Pour ces divers produits, nous devons signaler spécialement les nombreux rapports de M. le président Polonceau qui, dans son désir de donner aux travaux de la Commission toute l'ampleur qu'ils devaient comporter, n'a pas hésité à aborder les sujets les plus divers, et à réunir dans chaque cas avec un dévouement et une autorité auxquels les Comités tiennent à rendre hommage, tous les éléments d'appréciation des conditions d'essai de ces divers produits.

Pour chacun d'eux, il a présenté, en effet, une note indiquant les diverses épreuves dont ils sont actuellement l'objet, et les conditions d'application de chacune d'elles.

Celles-ci rentrent toujours dans le cadre qui a été précédemment tracé, et nous retrouvons là encore les essais physiques, chimiques et surtout mécaniques comprenant la traction graduée, la compression, le choc, etc.

C'est donc à bon droit que les Comités réunis les ont fait figurer dans leurs travaux, car les observations et conclusions dont ces méthodes ont été l'objet d'autre part peuvent le plus souvent s'appliquer utilement à l'étude de ces divers produits.

A un autre point de vue, les rapports présentés par M. Polonceau prennent un intérêt tout particulier, car c'est la première fois qu'on a réuni les renseignements nécessaires pour permettre de procéder à un examen d'ensemble de toutes les épreuves dont chacun de ces produits accessoires est actuellement l'objet.

Les Comités réunis n'avaient pas dès à présent les éléments nécessaires pour déterminer les conclusions à tirer de ces divers rapports et indiquer les modifications dont chacun de ces essais pourrait être susceptible, mais les producteurs et les consommateurs n'y trouveront pas moins des indications fort intéressantes qu'ils consulteront avec grand profit.

Paris, le 15 janvier 1900.

L. BACLÉ, P. DEBRAY.

Les conclusions ci-après proposées par les Sections ont été approuvées par la Commission dans la séance plénière du 8 juin 1900.

Digitized by Google

CONCLUSIONS ADOPTÉES.

MÉTHODES D'ESSAI

DES PIERRES DE CONSTRUCTION NATURELLES.

(PIERRES PROPREMENT DITES, SCHISTES, ETC.)

ÉCHANTILLONS.

Les échantillons de pierre de construction adressés à un laboratoire d'essais seront accompagnés d'une note faisant connaître le nom commercial de la pierre, la carrière et le banc d'où ils ont été extraits. On y joindra, autant que possible, une coupe de la carrière représentant la succession et l'épaisseur des bancs et les emplacements où ont été pris les échantillons. On indiquera la formation géologique à laquelle appartient la carrière (d'après les divers auteurs).

Les emplois auxquels la pierre est destinée seront spécifiés.

Les échantillons seront simplement dégrossis en forme de prismes rectangulaires ayant au moins 0 m. 30 de côté et de hauteur égale à celle des bancs dans lesquels ils ont été prélevés. Si la hauteur d'un banc était trop grande, on prendrait des échantillons à différentes hauteurs dans le banc.

Le sens du lit de carrière sera figuré sur les échantillons.

Le laboratoire d'essai fera connaître la composition minéralogique des échantillons, la couleur et la texture de la pierre.

La finesse du grain sera désignée d'après la classification suivante :

a. Sans coquilles apparentes; quelques coquilles; coquillier; très coquillier.

b. Grains très fins formés ou amorphes (0 mm. 2 à 0 mm. 4); grains fins formés ou amorphes (0 mm. 3 à 0 mm. 8); grains assez fins (0 mm. 5 à 1 mm. 2); grains moyens (1 mm. à 2 mm. 5); grains un peu grossiers (2 mm. à 4 mm.); grains grossiers (3 mm. à 1 mm.); grains très grossiers (5 millimètres et au delà).

ÉPROUVETTES.

Les éprouvettes d'essai seront débitées au laboratoire, à la scie ou au fil, afin d'éviter des fissures dont on ne s'apercevrait pas.

Les éprouvettes devant être essayées soit suivant le lit de carrière, soit perpendiculairement à ce lit, il importe de prendre les dispositions nécessaires dans le prélèvement et la préparation des éprouvettes d'essai.

La résistance de la pierre aux différents efforts variant souvent avec son état d'imbibition d'eau, les éprouvettes seront soumises aux essais, soit seulement à l'état sec, soit à l'état sec et à divers degrés d'imbibition.

Les procès-verbaux indiqueront l'état dans lequel les éprouvettes auront été expérimentées, (sec ou mouillé avec le degré d'imbibition s'il y a lieu) ainsi que le sens suivant lequel l'essai aura été fait par rapport au lit de carrière.

Pour amener les éprouvettes à l'état sec, on les exposera dans une étuve ou dans tout autre

Digitized by Google

appareil ou même à l'air libre à une température de +30 à +40 degrés centigrades, jusqu'à ce que leur poids demeure invariable.

Pour les avoir à divers états d'imbibition [1], il suffit de les plonger dans l'eau un temps suffisant. On facilite l'absorption en plongeant les pierres graduellement dans l'eau; au commencement de l'expérience, on les immerge de quelques centimètres, puis, lorsque la capillarité les a imbibées jusqu'à la partie supérieure, on les immerge complètement dans l'eau; on les laisse immergées un temps plus ou moins long suivant le degré d'imbibition que l'on désire.

Pour imbiber les pierres d'eau dans un délai suffisamment abrégé, on peut se servir du procédé suivant:

On place les éprouvettes sous la cloche d'une machine pneumatique; on fait le vide à des degrés différents; puis on fait entrer l'eau par le sommet de la cloche jusqu'à immersion complète, on remet après quelques minutes l'intérieur de la cloche en communication avec l'air extérieur [2].

Le degré d'imbibition des échantillons sera indiqué par la comparaison de leur poids à sec et après imbibition.

DENSITÉ.

Pour déterminer la densité apparente des éprouvettes on opérera de la façon suivante:

1° Les éprouvettes à l'état sec seront mesurées avec un pied à coulisse ordinaire donnant l'approximation au dixième de millimètre; le poids sera déterminé avec une balance sensible au demi-centigramme;

2° Pour les éprouvettes imbibées d'eau on se servira d'une balance hydrostatique [3] assez sensible pour indiquer exactement la deuxième décimale.

Le poids qu'aurait l'éprouvette pesée dans l'air sera obtenu en ajoutant, au poids de la pesée sous l'eau le poids d'un volume égal d'eau.

RÉSISTANCE À L'ÉCRASEMENT.

Les essais de résistance à l'écrasement peuvent être faits au moyen d'appareils à levier ou au moyen de presses hydrauliques.

Les éprouvettes devront être placées entre les plaques de compression, recouvertes d'une feuille de carton mince; il est utile qu'un des deux plateaux de compression soit mobile dans tous les sens.

Les éprouvettes auront la forme de cubes [4] à faces rigoureusement parallèles [5]. Elles seront aussi grosses que possible d'après la résistance présumée de la pierre et la force maximum de la machine d'essai.

Les dimensions des faces portantes seront indiquées dans le procès-verbal d'essai en même temps que la résistance rapportée au centimètre carré de surface portante.

---

[1] Les divers états d'imbibition sous lesquels on expérimente les pierres sont ordinairement les suivants:

1° Imbibition après vingt-quatre heures d'immersion comptées à partir de l'instant où la pierre est mise au contact de l'eau;

2° Imbibition jusqu'à saturation naturelle considérée comme telle quand deux pesées faites à vingt-quatre heures d'intervalle donnent les mêmes résultats.

Ces deux états d'imbibition correspondent sensiblement: l'imbibition après immersion de vingt-quatre heures, à l'état des pierres après un séjour prolongé sur le sol dans un dépôt; l'imbibition jusqu'à saturation naturelle, à l'état des pierres employées soit dans l'eau ou à son contact, soit dans la terre humide.

[2] Le vide partiel à faire pour obtenir une imbibition égale à la saturation naturelle amenée par immersion prolongée correspond sensiblement au maintien sous la cloche d'une pression faisant équilibre à une colonne de mercure de 260 millimètres de hauteur.

[3] Par cette méthode on évite la déperdition d'une certaine quantité de l'eau absorbée ou la difficulté d'enlever par essuyage une même quantité d'eau pour chacun des échantillons.

[4] Il résulte des essais comparatifs faits au laboratoire des Ponts et Chaussées sur des éprouvettes de forme cubique et de forme prismatique, que les éprouvettes de forme cubique donnent un maximum de résistance pour une pierre quelconque non homogène, tandis que, pour une pierre bien homogène, le maximum de résistance est obtenu avec des éprouvettes en forme de prismes à base carrée dont la hauteur est double de l'arête de la base. On a aussi établi que les cubes de pierre bien homogène résistent proportionnellement à leur section horizontale.

[5] Pour reconnaître si les faces sont bien parallèles, on peut employer l'appareil micrométrique imaginé par M. Klein sous la direction de M. l'inspecteur général Durand-Claye, appareil pouvant servir aussi à déterminer la compressibilité des pierres.

Digitized by Google

L'essai portera sur au moins trois éprouvettes du même échantillon.
La moyenne des résultats fournis sera calculée.

POROSITÉ.

Les règles établies pour mesurer la porosité des mortiers s'appliquent aux pierres.

RÉSISTANCE À LA RUPTURE PAR FLEXION.

Les essais de résistance à la rupture par flexion se feront au moyen de prismes posés sur deux couteaux et chargés en leur milieu d'une façon continue jusqu'à rupture.

Les essais normaux seront faits avec des prismes à section carrée de 0 m. 02 de côté et de 0 m. 12 de longueur, posés sur deux couteaux distants de 0 m. 10 et chargés en leur milieu; on opérera sur au moins trois prismes par échantillon et on indiquera les poids bruts qui auront déterminé la rupture [1].

RÉSISTANCE À L'USURE PAR FROTTEMENT.

Pour déterminer la résistance à l'usure par frottement, on mesurera la quantité dont s'usent les échantillons lorsque, sous une charge donnée, ils subissent le frottement d'un sable normal répandu régulièrement sur une piste circulaire horizontale en fonte, qui se meut avec une vitesse déterminée.

Les échantillons auront comme dimensions: 0m. 06 sur 0 m. 04 de base et une hauteur maximum de 0 m. 10 à 0 m. 12; ils seront posés deux à deux de part et d'autre de l'axe et sur un même diamètre de la meule de telle façon que leur centre se trouve sur une circonférence de 0 m. 261 de rayon, la petite dimension étant dirigée perpendiculairement au rayon.

La charge totale sur le plan de frottement sera de 250 grammes par centimètre carré.

Le sable normal employé sera obtenu en pilant, puis tamisant du grès quartzeux de Fontainebleau moyennement dur, passant au travers du tamis n° 50 (324 mailles) et retenu complètement sur le tamis n° 200 (4,900 mailles).

La quantité de sable à répandre sur la meule sera d'un litre par éprouvette et par mille tours de meule.

On fera tourner l'appareil à raison de 1,000 tours par demi-heure et l'on fera subir aux échantillons 4,000 tours de meule. On mesurera la diminution de hauteur de l'échantillon et on déterminera la perte de poids qu'il a subie. La même constatation sera faite au cours de l'essai après 1,000, 2,000 et 3,000 tours.

On pourra retourner l'échantillon bout pour bout après 2,000 tours de meule afin de comparer les résultats obtenus sur la face inférieure et la face supérieure.

RÉSISTANCE À L'ÉCLATEMENT SOUS LE CHOC ET RÉSISTANCE AU FORAGE.

En ce qui concerne la résistance à l'éclatement sous le choc ainsi que la résistance au forage, les expériences faites ne sont pas encore en nombre suffisant pour que des règles puissent être indiquées.

Ces expériences devront être poursuivies.

ANALYSE CHIMIQUE.

Mémoire :

[1] Si l'on était conduit à essayer des pierres à la rupture par flexion sous forme de prismes n'ayant pas les dimensions fixées pour l'essai normal, on rendra les résultats sensiblement comparables à ceux qu'eût donnés l'essai normal en multipliant la charge de rupture par l'espacement des couteaux et la divisant par le carré de la hauteur du prisme et par sa largeur augmentée d'un quart.

Digitized by Google

RÉSISTANCE À LA GELÉE.

L'épreuve de la résistance à la gelée devra, normalement, porter sur des éprouvettes cubiques de 7 centimètres d'arête. On pourra admettre exceptionnellement des dimensions plus faibles pour les pierres très dures.

Les essais de gélivité normaux comprendront :

(*a*) La détermination de la résistance à la compression de la pierre essayée sur lit, resséchée après gels et dégels successifs répétés jusqu'à vingt-cinq fois, et la comparaison de cette résistance avec celles de la pierre primitive essayée sur lit à l'état sec et à l'état d'imbibition jusqu'à saturation.

(*b*) La détermination de la perte de poids de la pierre gelée vingt-cinq fois.

(*c*) L'examen de la pierre gelée avec le secours de la loupe en cherchant à se rendre compte si des gerçures ou des éclatements se sont produits.

Il faut employer pour ces essais au moins :

3 éprouvettes à l'état sec ;

3 éprouvettes imbibées d'eau à l'état de saturation ;

3 éprouvettes imbibées d'eau à l'état de saturation à soumettre à l'essai de gélivité proprement dit [1].

Si l'on veut faire la comparaison de la résistance à l'écrasement en délit, il faudra un nombre double d'éprouvettes.

Dans l'exécution de ces essais, il faudra tenir compte des détails suivants :

(*a*) On se servira pour l'immersion d'eau distillée, prise à la température de + 15 à + 20 degrés centigrades, ou, à défaut d'eau distillée, d'eau potable, prise à la même température, qui n'offre pas d'inconvénient quand on ne tient pas à déterminer la quantité de sels solubles.

(*b*) Les éprouvettes seront exposées à une température de — 15 à — 20 degrés centigrades.

(*c*) La durée d'exposition au froid sera de quatre heures.

(*d*) Le dégel s'accomplira par immersion complète de chaque éprouvette de 7 centimètres d'arête dans un volume de 500 centimètres cubes d'eau distillée ou d'eau potable à la température de + 15 à + 20 degrés centigrades [2].

MÉTHODES D'ESSAI DES PIERRES ARTIFICIELLES.

Les méthodes d'essai des pierres naturelles peuvent s'appliquer aux pierres artificielles.

Les échantillons prélevés dans du béton ou du mortier en service seront autant que possible accompagnés d'une note indiquant :

1° La nature du ciment employé ;

2° La nature du sable et sa composition granulométrique ;

---

[1] On fait généralement les essais de gélivité sur des éprouvettes aux deux états d'imbibition indiqués précédemment : imbibition après immersion de 24 heures et imbibition jusqu'à saturation naturelle. Le nombre des éprouvettes à soumettre à l'essai de gélivité proprement dit est alors augmenté de trois au moins.

[2] Pour les éprouvettes essayées à l'état d'imbibition après immersion de 24 heures, le dégel s'accomplit dans l'air humide et non dans l'eau. Dans l'intervalle qui sépare les gels et dégels successifs, les cubes d'essai sont conservés dans des bocaux fermés pour éviter une trop grande déperdition de l'eau absorbée; de plus, on a soin, avant de les soumettre à une nouvelle action du froid, de les plonger quelques instants dans l'eau de manière à leur conserver pendant toute la durée de l'essai sensiblement le même degré d'imbibition qu'ils avaient au début de l'expérience.

Digitized by Google

3° La nature du gravier;

4° Le dosage de ces différents matériaux;

5° La nature de l'eau de gâchage;

6° La destination des blocs artificiels;

7° Leur âge.

L'ensemble de ces renseignements permettra, en multipliant les essais de ce genre, de se rendre compte de la façon dont ces différents produits se comportent dans chaque milieu et de leur résistance aux divers agents de destruction.

Pour donner des indications utiles, les essais d'étanchéité pratiqués sur tuyaux de conduite en béton doivent être poursuivis pendant un mois au moins.

MÉTHODES D'ESSAI DES SCHISTES ARDOISIERS

POUR COUVERTURES.

ÉCHANTILLONS.

Les échantillons de schistes adressés à un laboratoire d'essais seront accompagnés d'une note faisant connaître le nom commercial de l'ardoise, la carrière et la veine ou couche d'où ils ont été extraits; on y joindra, autant que possible, une coupe de la carrière représentant la succession et l'épaisseur des veines et les emplacements où ont été pris les échantillons. On indiquera la formation géologique à laquelle appartient la carrière et les fossiles caractéristiques (d'après les divers auteurs), la couleur, les taches s'il y a lieu, les minéraux disséminés dans la pâte, tels que la pyrite cristallisée ou en dendrites, le carbonate de chaux, le mica, la magnétite. On indiquera de plus si le clivage est terreux, uniforme ou zoné; si la cassure est grenue, schisteuse ou très schisteuse, si le schiste présente un « long grain », c'est-à-dire la propriété de se débiter suivant un plan perpendiculaire au clivage et parallèle au fil de pierre; enfin s'il peut être clivé suivant un plan perpendiculaire à la schistosité et au fil de pierre, c'est-à-dire « querné » suivant l'expression des chantiers.

Le laboratoire d'essai contrôlera l'exactitude des renseignements donnés sur les caractères apparents des échantillons tels que la couleur, la cassure, le clivage; il sera fait mention de ces vérifications dans le procès-verbal d'essai.

ÉPROUVETTES.

Les éprouvettes d'essai seront prélevées sur des produits fabriqués restés entiers.

Chaque essai portera au moins sur 6 ardoises provenant es même ches, choisies parmi celles dont l'épaisseur est la plus régulière. On considèrera surtout la valeur moyenne des résultats obtenus.

Pour obtenir ces éprouvettes, les ardoises seront débitées au laboratoire à la scie ou au fil, et non au marteau, afin d'éviter des fentes; les faces provenant du clivage seront laissées en leur état naturel.

Les éprouvettes seront prélevées dans les parties où les ardoises présentent une épaisseur sensiblement uniforme, les unes parallèlement au grand côté, les autres parallèlement au petit côté.

Les éprouvettes pourront être essayées soit seulement à l'état sec, soit à l'état mouillé et à divers degrés d'imbibition. Le degré d'imbibition des échantillons sera indiqué par la comparaison de leur poids à sec et après imbibition.

Les procès-verbaux d'essai indiqueront l'état dans lequel les éprouvettes auront été expérimentées (sec ou mouillé) ainsi que le sens de l'ardoise suivant lequel elles auront été découpées.

Digitized by Google

Pour amener les éprouvettes à l'état sec, on les exposera dans une étuve ou dans tout autre appareil ou même à l'air libre à une température de + 30 à + 40 degrés centigrades, jusqu'à ce que leur poids demeure invariable.

Pour les avoir à divers états d'imbibition il suffit de les plonger dans l'eau un temps suffisant. On facilite l'absorption en plongeant graduellement les ardoises dans l'eau ; au commencement de l'expérience, on les immerge de quelques centimètres, puis, lorsque la capillarité les a imbibées jusqu'à la partie supérieure, on les immerge complètement.

Pour imbiber les éprouvettes d'eau dans un délai suffisamment abrégé, on peut se servir du procédé suivant : on les place sous la cloche d'une machine pneumatique ; on fait le vide à des degrés différents ; puis on fait entrer l'eau par le sommet de la cloche jusqu'à immersion complète, on remet après quelques minutes l'intérieur de la cloche en communication avec l'air extérieur[1].

RÉSISTANCE À LA RUPTURE PAR FLEXION.

Les essais de résistance à la rupture par flexion se feront au moyen de plaquettes posées sur deux couteaux et chargées en leur milieu d'une façon continue jusqu'à la rupture.

Les essais normaux seront faits avec des plaquettes ayant 0 m. 05 de largeur, 0 m. 21 à 0 m. 22 de longueur, les faces de clivage étant laissées, comme il a été dit plus haut, à l'état naturel.

L'épaisseur de ces plaquettes sera déterminée en prenant la moyenne des différentes épaisseurs, sous le couteau médian, mesurées à un dixième de millimètre près, au moins.

Ces plaquettes seront posées sur deux couteaux distants de 0 m. 20 et chargées en leur milieu.

On indiquera le poids brut qui déterminera la rupture de chaque éprouvette ainsi que son épaisseur[2].

DÉTERMINATION DE L'ÉLASTICITÉ.

La détermination de l'élasticité se fera sur des plaquettes de mêmes dimensions que celles indiquées pour l'essai de rupture par flexion et choisies de la même manière, posées sur des couteaux distants de 0 m. 20 et chargées en leur milieu.

La lecture des flèches prises sous charge sera faite soit à l'aide d'une vis micrométrique, soit à l'aide d'appareils à levier amplificateur, en prenant toutes précautions pour éviter l'erreur provenant de la pénétration des couteaux dans les ardoises.

Il convient de vérifier si on revient aux mêmes flèches pour des mêmes charges en chargeant et déchargeant plusieurs fois l'éprouvette.

Dans la limite d'élasticité, c'est-à-dire sous des charges pour lesquelles la flèche reste nulle après le déchargement de l'éprouvette, on calculera le module d'élasticité E à l'aide de la formule

$$E = \frac{2\,Pl^3}{ybc^3},$$

dans laquelle l désigne le demi-écartement des supports, b la largeur, c l'épaisseur de l'éprouvette, y la flèche correspondant au poids P. Pour $2\,l = 0.20$, $b = 0.05$, la formule devient :

$$E = 0.4\,\frac{P}{yc^3}.$$

[1] Le vide partiel à faire pour obtenir une imbibition égale à la saturation naturelle amenée par immersion prolongée correspond sensiblement au maintien sous la cloche d'une pression faisant équilibre à une colonne de mercure de 260 millimètres de hauteur.

[2] Si l'on veut comparer les résultats d'essais donnés par des éprouvettes d'épaisseurs différentes, on peut le faire en divisant le produit brut qui a causé la rupture de l'éprouvette par le carré de son épaisseur, les unités étant le kilogramme et le millimètre.

On peut, en effet, admettre que la charge qui déterminera la rupture varie proportionnellement au carré de l'épaisseur lorsque la distance des points d'appui et la largeur de l'éprouvette restent constantes.

Digitized by Google

DÉTERMINATION DE L'ABSORPTION DE L'EAU.

Le Comité émet le vœu que l'étude de l'absorption de l'eau, soit par la tranche de l'ardoise, soit par sa surface, qui a déjà fait l'objet de recherches intéressantes, soit poursuivie.

Il serait intéressant surtout d'étudier quelle peut être la quantité d'eau absorbée par un mètre carré d'ardoises de couverture fixées à l'aide d'agrafes, comme elles le sont réellement dans la pratique, sur un châssis présentant l'inclinaison minimum adoptée pour ces toitures, en soumettant ce châssis à une pluie régulière d'intensité déterminée et pendant un temps donné [1].

ANALYSE CHIMIQUE [2].

Dans l'analyse des schistes, on déterminera l'eau hygrométrique et l'eau de combinaison, la silice, le fer et l'alumine, la chaux, la magnésie, les alcalis, l'acide carbonique et le soufre.

MÉTHODES D'ESSAI DES PRODUITS CÉRAMIQUES.

ÉCHANTILLONS.

Les essais des produits céramiques doivent toujours être faits sur les produits marchands.

Si l'on veut connaître le plus exactement possible la valeur d'une fabrication, il convient d'opérer sur des échantillons aux différents degrés de cuisson. On se contente souvent d'examiner les échantillons les plus faiblement cuits qui se reconnaissent facilement à l'aspect et plus particulièrement à une moindre dureté et à des dimensions légèrement plus grandes que la moyenne.

PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES.

On indiquera la marque commerciale des échantillons, leur forme, l'état de leurs arêtes et de leurs surfaces, ainsi que leur couleur.

Pour les briques et les carreaux on mesurera les dimensions dans le sens de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur; pour les tuiles on mesurera la longueur et la largeur et on dressera des croquis ou coupes suffisants pour indiquer d'une façon claire les creux et saillies ainsi que les emboîtements que peuvent présenter les échantillons. Enfin pour les tuyaux on mesurera le diamètre intérieur, la longueur utile du tuyau en dehors de l'emboîtement, l'épaisseur de la paroi ainsi que la forme et les dispositions de l'emboîtement s'il y a lieu.

On vérifiera pour les briques et tuiles les dimensions qui pour une même pièce devraient être semblables; on signalera l'écart lorsqu'il dépassera 1 p. 100.

Lorsque le laboratoire d'essai aura à sa disposition un nombre suffisant d'échantillons de même provenance, il sera utile qu'il mesure d'une part les plus cuits ou les plus petits et d'autre part les moins cuits ou les plus grands. Il signalera, s'il y a lieu, les différences observées.

---

[1] Pour obtenir cette pluie régulière et d'intensité connue, on pourrait avoir recours à l'ingénieux appareil imaginé par M. Schlœsing et qui a été utilisé récemment par M. Aimé Girard dans ses recherches sur l'adhérence aux feuilles des plantes de diverses compositions cuivriques employées pour combattre leurs maladies.

[2] A défaut d'analyse chimique on peut encore employer la méthode d'essai recommandée par M. le professeur Brunner de Lausanne pour se rendre compte facilement et rapidement de la qualité des ardoises.

Cette méthode, empruntée à Frésenius, est la suivante : on prend une éprouvette d'ardoise de 0 m. 07 sur 0 m. 03, on la suspend par un fil à coudre dans un vase en verre contenant 100 centimètres cubes d'eau saturée d'acide sulfureux, de manière que l'éprouvette ne plonge pas dans le liquide, puis on ferme le vase et on laisse le tout exposé à la température habituelle.

Une mauvaise ardoise s'altère après quelques jours, même après quelques heures en s'exfoliant. Si elle reste compacte elle passe à l'état d'éponge friable.

Une bonne ardoise résiste quatre, cinq, et six semaines.

Les ardoises de qualité supérieure ne présentent aucune trace d'altération après plusieurs mois.

Digitized by Google

ESSAIS PHYSIQUES.

1° Observation de la structure ou de l'homogénéité.

L'observation de la structure ou de l'homogénéité consistera dans l'examen de la cassure, fait à l'œil nu ou à la loupe.

Il conviendra de signaler :

a. L'aspect de la cassure, soit grenue et à arrachements plus ou moins prononcés, soit lisse ou à surface conchoïdale.

b. La grosseur du grain, en indiquant d'après la classification adoptée pour les pierres de construction naturelles, si le grain est fin, moyen ou grossier et si les grains sont uniformes ou de dimensions différentes.

c. L'homogénéité, en faisant observer si la masse est entièrement, moyennement ou peu homogène, s'il existe des plans de feuilletage ou de clivage plus ou moins nombreux, plus ou moins accentués.

2° Poids spécifique.

La détermination du poids spécifique de la matière sera faite sur de la poudre provenant de fragments pulvérisés.

La poudre, ayant passé à travers le tamis de 900 mailles et étant débarassée des poussières les plus fines au moyen d'un tamisage au travers le tamis de 4,900 mailles, sera desséchée à la température de + 110 degrés.

La détermination du poids spécifique sera faite au moyen du volumètre.

On ne pourra employer d'autre appareil que ceux permettant d'obtenir dans les conditions d'emploi ordinaires la première décimale avec certitude et la deuxième avec une approximation de deux unités.

Le liquide dont on se servira sera la benzine ou l'essence minérale.

La température devra rester constante pendant toute la durée de l'opération; elle ne devra pas être supérieure à + 15 degrés.

3° Densité apparente.

Cette détermination devra être faite, autant que possible sur des échantillons restés entiers, après dessiccation à la température de + 30 à + 40 degrés centigrades.

Quand les échantillons auront une forme géométrique régulière permettant d'en déterminer le volume par mesurage, on se servira d'un pied à coulisse ordinaire donnant l'approximation au dixième de millimètre; le poids sera déterminé au moyen d'une balance sensible au demi-centigramme.

Quand les échantillons seront de forme irrégulière ou présentant des angles rentrants, on déterminera le volume et par suite la densité apparente au moyen de la différence du poids de l'échantillon dans l'air et dans l'eau. On aura soin d'enduire préalablement la surface d'un vernis capable d'empêcher l'entrée de l'eau. Une mince couche de suif fondu appliquée au pinceau et étendue avec le doigt remplit très bien ce but.

4° Porosité absolue.

La porosité absolue sera déduite de la différence entre le poids spécifique et la densité apparente.

5° Porosité relative ou poids d'eau absorbée dans un temps déterminé.

La détermination du poids d'eau absorbée se fera sur une série de trois échantillons au moins de même nature préalablement désséchés, soit à l'air libre, soit à l'étuve, à la température de + 30 à + 40 degrés centigrades. Il convient, autant que possible, d'opérer sur des échantillons entiers et non sur des fragments.

Après dessiccation les échantillons seront immergés dans l'eau jusqu'à la moitié de leur épaisseur pendant 12 heures, puis submergés complètement encore soit pendant 12 heures, 36 heures 7 jours ou 28 jours[1].

[1] Dans le cas où le temps d'immersion doit dépasser 48 heures, si l'on veut abréger la durée de l'expérience, on peut se servir du procédé d'imbibition à l'aide de la cloche pneumatique, tel qu'il est décrit pour les essais des pierres de construction naturelles.

Digitized by Google

Si les échantillons contiennent une proportion notable de chaux, de magnésie ou de sels solubles, il sera bon de recommencer une ou deux fois l'expérience sur les mêmes échantillons.

La quantité d'eau absorbée ou porosité relative devra toujours être calculée en volume, mais on indiquera aussi le pour cent d'eau en poids.

Dispositions spéciales aux tuiles. — En ce qui concerne les tuiles, le Comité émet le vœu que, comme pour les ardoises de couverture, l'on étudie quelle peut être la quantité d'eau absorbée par un mètre carré de tuiles, fixées comme elles le sont réellement dans la pratique, sur un châssis présentant l'inclinaison minimum adoptée pour ces toitures, en soumettant ce châssis à une pluie régulière d'intensité déterminée, pendant un temps donné.

6° Perméabilité.

Tuiles. — L'essai se fera sur au moins 3 tuiles entières préalablement immergées pendant 48 heures comme il a été dit au paragraphe 5°. On fixera au moyen de ciment pur, vers le milieu de la face supérieure de chaque tuile, placée horizontalement, un tube en verre de 0 m. 035 de diamètre intérieur et de 0 m. 11 de hauteur. Le tube, fermé à sa partie supérieure par un bouchon en caoutchouc, sera mis en communication avec un réservoir donnant une charge d'eau de 0 m. 10.

On recueillera au moyen d'un réservoir placé sous la face inférieure l'eau qui peut traverser chaque tuile.

La perméabilité sera déterminée par le volume d'eau écoulé pendant une heure, après une durée d'expérience de 24 heures, 7 jours ou 28 jours.

Au début de l'essai on multipliera les constatations s'il y a lieu.

7° Essais de résistance à la gelée.

L'épreuve de résistance à la gelée devra, autant que possible, porter sur des produits entiers.

On pourra exceptionnellement cependant faire l'essai sur des fragments. Dans ce cas, on devra protéger les parties coupées ou cassées des éprouvettes par un vernis ou une mince couche de suif dans le but de ne laisser libre à la pénétration de l'eau pendant l'immersion que les seules faces des échantillons ordinairement vues.

Les essais de gélivité normaux, dirigés comme il a été dit pour les pierres naturelles, comprendront :

a. L'examen des échantillons avec le secours de la loupe en cherchant à se rendre compte si des gerçures ou des éclatements se sont produits dans ces échantillons après avoir été soumis à l'action de gels et dégels successifs répétés jusqu'à 25 fois.

b. La détermination de la perte de poids des échantillons gelés [1].

Il faut employer pour ces essais au moins :

3 (ou 5) éprouvettes imbibées d'eau par immersion pendant 24 heures;

3 (ou 5) éprouvettes imbibées d'eau à saturation.

ESSAIS MÉCANIQUES.

Briques et matériaux analogues.

1° Résistance à la rupture par écrasement.

L'essai de résistance à la rupture par écrasement sera fait sur des morceaux de forme à peu

[1] Si les échantillons ont supporté sans détériorations les essais de résistance à la gelée, il y aura lieu de comparer les résistances à la compression et à la flexion de ces échantillons, après nouvelle dessiccation, avec celles d'échantillons de même provenance soumis aux mêmes efforts après dessiccation, mais sans avoir subi l'action de la gelée.

Digitized by Google

près cubique, obtenus pour les briques ordinaires, par exemple, en superposant deux demi-briques et en les reliant par une mince couche de mortier de ciment portland pur.

Les surfaces de compression seront rendues rigoureusement parallèles par un enduit fait avec une couche de mortier semblable.

Comme pour les pierres de construction naturelles, les essais de résistance à l'écrasement pourront être faits au moyen d'appareils à levier ou au moyen de presses hydrauliques.

Les éprouvettes devront être placées entre les plaques de compression, recouvertes d'une feuille de carton mince; il est utile qu'un des deux plateaux de compression soit mobile dans tous les sens.

Les dimensions des faces portantes seront indiquées dans le procès-verbal d'essai en même temps que la résistance rapportée au centimètre carré de surface portante.

L'essai portera sur au moins 3 (ou 5) éprouvettes du même échantillon.

La moyenne des résultats fournis sera calculée.

Il sera bon de faire l'essai sur deux séries d'éprouvettes, l'une à l'état desséché, l'autre à l'état d'imbibition, en indiquant le degré d'imbibition.

2° Résistance à la rupture par flexion.

Briques. — Les essais de résistance à la rupture par flexion se feront, pour les briques ordinaires, sur des produits entiers posés sur deux couteaux placés à la distance de 0 m. 20, et chargés en leur milieu d'une façon continue jusqu'à rupture.

On indiquera le poids brut qui déterminera la rupture de chaque éprouvette.

Les produits ayant une longueur plus grande que les briques ordinaires pourront être essayés avec une portée entre les deux couteaux d'appui égale à la portée qu'on donne en pratique à ce genre de produits.

Tuiles. — Les essais de résistance à la rupture par flexion seront faits sur des tuiles entières posées sur deux couteaux, et chargées en leur milieu d'une façon continue jusqu'à rupture.

Lorsque les tuiles n'auront pas un profil rectiligne, on devra établir de petites banquettes transversales horizontales en ciment portland pur, larges d'un centimètre, pour recevoir les supports et le couteau médian, dans le but de niveler les ondulations et de répartir les efforts uniformément sur toute sa largeur.

Une de ces banquettes sera placée à l'endroit où dans la couverture la tuile doit s'appuyer sur le liteau, et l'autre à l'endroit où elle repose sur la tuile inférieure.

On indiquera la charge qui aura produit la rupture.

Il sera bon de faire l'essai sur des tuiles imbibées d'eau, en indiquant le degré d'imbibition.

3° Résistance à l'usure par frottement.

La détermination de la résistance à l'usure par frottement sera faite dans les mêmes conditions que pour les pierres de construction naturelles, tant en ce qui concerne la dimension des éprouvettes que pour l'essai proprement dit.

4° Résistance à la rupture par choc.

Les expériences en cours ne permettent pas encore de fixer des règles pour cet essai.

Ces expériences devront être poursuivies.

Essais spéciaux aux tuyaux.

Résistance à la rupture par pression intérieure.

Les essais de résistance à la rupture par pression intérieure seront faits soit à l'aide d'une pompe foulante, soit à l'aide d'un accumulateur hydraulique.

L'unité de pression à adopter est le kilogramme par centimètre carré et les nombres, à moins de mention contraire, se rapportent à des pressions effectives.

Les tuyaux à essayer doivent être exactement remplis d'eau. Il importe que la pression y soit

Digitized by Google

produite progressivement et sans à-coup. Le manomètre doit accuser sans risque d'erreur la pression qui s'exerce dans le tuyau même.

L'essai pourra être fait soit sur un tuyau isolé, soit sur plusieurs tuyaux assemblés.

Les joints de fermeture des extrémités des tuyaux doivent être disposés de manière à ne pas fuir et faits de telle façon que leur serrage n'amène pas une rupture prématurée des pièces soumises à l'essai.

Le comité émet le vœu que les essais en cours pour trouver un dispositif commode de fermeture des bouts des tuyaux soient poursuivis.

ESSAIS CHIMIQUES.

1° Recherche de la chaux et de la magnésie.

Dans le but de déterminer s'il existe dans les terres cuites de la chaux ou de la magnésie caustique, on immergera cinq échantillons pendant trois heures dans l'eau bouillante, et on observera si, dans ces circonstances, il s'est produit des exfoliations.

2° Détermination des sels solubles.

Pour déterminer la proportion de sels solubles que peut contenir une terre cuite, on prendra cinq échantillons choisis de préférence dans le milieu des terres cuites, et on les pulvérisera de manière à les faire passer entièrement par le tamis de 900 mailles. On prendra 25 grammes de la poudre ainsi obtenue que l'on fera bouillir pendant une heure dans 250 grammes d'eau distillée, en remplaçant l'eau évaporée, après filtration on évaporera à siccité et on pèsera le résidu obtenu.

MÉTHODES D'ESSAI

DES MATÉRIAUX EMPLOYÉS À LA CONSTRUCTION DES CHAUSSÉES.

Observation générale sur les conclusions à tirer des essais.

On ne peut, en général, en ce qui concerne les chaussées et les matériaux employés à leur construction, que faire des essais sur les matériaux isolés.

L'application aux chaussées mêmes des résultats obtenus sur les matériaux isolés ne peut être faite qu'avec une extrême réserve et beaucoup de circonspection, eu égard aux influences extérieures prépondérantes sur la conservation des chaussées qui ne paraissent pas actuellement susceptibles de mesure, influences telles que les circonstances météorologiques, la circulation, la nature du sol de fondation, etc.

D'une façon générale, les résultats des essais ne pourront s'appliquer convenablement dans la pratique que si les matériaux sont homogènes.

Empierrements.

En ce qui concerne les chaussées empierrées, les essais à faire seront de trois sortes

1° Composition granulométrique;

2° Composition minéralogique;

3° Essais proprement dits des diverses pierres.

Digitized by Google

Prise d'échantillon. — L'échantillon devra comprendre, d'une part, des matériaux tels qu'ils sont destinés à l'emploi, d'autre part, des morceaux aussi gros que possible des matériaux de la carrière et en nombre correspondant, autant que possible, aux diverses natures de ces matériaux.

Une note annexe donnera des renseignements sur la carrière même à divers points de vue (nature géologique, mode d'exploitation, etc.).

Composition granulométrique. — On déterminera la proportion de matériaux, traversant des claies, inclinées à 45 degrés, et dont la largeur libre entre les tringles variera de centimètre en centimètre.

A cet effet, on opérera sur 50 kilogrammes de matériaux.

On appellera « cailloux » les matériaux ne traversant pas la claie de 1 centimètre et au-dessus.

La détermination de la composition des matériaux, traversant la claie de 1 centimètre, aura lieu au moyen de tamis horizontaux, en tôle perforée, suivant les règles prescrites pour les essais des sables.

On appellera « gravier », les matériaux traversant la claie de 1 centimètre et ne traversant pas la tôle perforée de 5 millimètres, et « matières terreuses et sableuses », tout ce qui traversera cette dernière tôle.

Composition minéralogique. — On déterminera et on indiquera la nature minéralogique des divers matériaux constituant l'échantillon.

Essais proprement dits des pierres. — On soumettra les échantillons des pierres aux essais suivants, conformément aux règles prescrites pour les essais de pierres :

Densité ;

Dureté ;

Résistance à l'écrasement ;

Porosité ;

Résistance à la gelée.

En outre, il y a lieu de faire des essais d'usure par frottement et par choc des matériaux les uns sur les autres [1].

A cet effet, on emploiera un appareil composé de huit [2] boîtes cylindriques en tôle de 0 m. 20 de diamètre et de 0 m. 34 de profondeur, accouplées quatre par quatre sur deux arbres en fer carré parallèles et distants de 0 m. 405. Ces deux arbres sont rendus solidaires par un engrenage et tournent avec la même vitesse. Chaque arbre est coudé au droit de chaque cylindre dont l'axe se trouve incliné d'environ 30 degrés sur l'horizontale. Sur chaque arbre, deux paires de cylindres sont disposés symétriquement.

On opérera sur 5 kilogrammes de l'échantillon à essayer, dont les pierres ont été préalablement purgées, par un lavage, de toute poussière adhérente. Puis, on ferme chaque cylindre par un couvercle hermétique à joints de caoutchouc.

La rotation doit être parfaitement uniforme et donner 2,000 tours par heure.

Un compteur de tours établi sur l'un des arbres, fréquemment consulté, permet de contrôler la régularité de la marche de la machine.

Au bout de 5 heures, c'est-à-dire 10,000 tours, on arrête l'appareil, on ouvre le cylindre et on verse le contenu dans des bassines.

On lave avec soin le cylindre ainsi que son couvercle et les eaux de lavage sont reçues dans les bassines. Chaque pierre est ensuite lavée et brossée sous l'eau et débarrassée ainsi de la poussière qui reste dans les eaux de lavage à l'état de boue claire.

---

[1] Ces essais ne s'appliquent qu'à des matériaux cassés et constitués par des cailloux homogènes. Les résultats obtenus sont négatifs avec des cailloux roulés pour lesquels l'usure par frottement est presque nulle. Avec des matériaux à gangue extérieure friable, l'usure est considérable et ne correspond pas aux résultats de la pratique.

[2] L'appareil ici décrit est l'appareil complet tel qu'il a été indiqué par la Commission des Routes nationales dans son rapport du 15 octobre 1880. Cet appareil permet de comparer simultanément sept échantillons à un huitième pris pour type. Mais il est évident que l'appareil peut être simplifié et réduit à deux cylindres.

Digitized by Google

Cette boue est jetée sur deux passoires superposées dont les trous ont respectivement 0 m. 01 et 0 m. 0016 de diamètre.

On la sépare ainsi en trois lots comprenant :

1° Les grains qui ne passent pas à l'anneau de 0 m. 01 ;

2° Ceux qui passent à cet anneau, mais qui ont plus de 0 m. 0016 ;

3° La boue proprement dite et les grains de moins de 0 m. 0016.

Le premier lot est rejeté et réuni aux pierres de l'échantillon.

Le second est conservé à titre de renseignements.

Le troisième lot est desséché et pesé. Son poids, rapporté à 5 kilogrammes, exprimera par convention le coefficient cherché.

Vœu. — Le Comité émet le vœu que des essais soient faits en introduisant dans les cylindres des billes en fonte, et que les résultats ainsi obtenus soient comparés avec ceux de la méthode ordinaire.

Pavages et dallages.

En ce qui concerne les pavages et les dallages, il y a lieu de distinguer les matériaux naturels et les matériaux artificiels.

RÈGLES COMMUNES AUX DEUX SORTES DE MATÉRIAUX.

Prise d'échantillon. — Le nombre des échantillons prélevés sera d'autant plus grand que les matériaux, d'après leur lieu de provenance, seront moins homogènes.

Le lieu d'extraction sera toujours indiqué avec sa description.

Essais. — Des essais seront faits conformément aux règles prescrites pour les essais de pierre naturelle, en ce qui concerne :

La densité ;
La dureté ;
La résistance à l'écrasement ;
La résistance à la rupture par flexion ;
La porosité ;
La résistance à la gelée.

Vœu. — Le Comité émet le vœu que des recherches soient entreprises pour établir un appareil destiné à mesurer la facilité plus ou moins grande qu'offrent les matériaux au glissement des chevaux.

RÈGLES SPÉCIALES AUX PAVÉS EN PIERRE NATURELLE.

Provenance et nature des matériaux. — Une notice sera produite sur la carrière, sa nature géologique, son mode d'exploitation, l'homogénéité des produits, etc...

La nature minéralogique des échantillons sera indiquée.

Essais des matériaux avant emploi. — On recommande, avant l'emploi, la vérification individuelle des matériaux étalés un par un sur une surface plane. La nature du son, produit par le choc d'un marteau, paraît donner d'utiles renseignements sur l'homogénéité d'un même pavé et pouvoir déceler la présence de fils ou délits.

L'arrosage général des pavés et la constatation de la rapidité de leur dessiccation paraît donner des renseignements utiles sur l'homogénéité de la fourniture.

Vœu. — Le Comité émet le vœu que des règles plus précises soient formulées sur ces essais, s'il est possible.

Digitized by Google

RÈGLES SPÉCIALES AUX MATÉRIAUX ARTIFICIELS.

Provenance et nature des matériaux. — La fabrication des matériaux devra être spécialement étudiée au point de vue de leur homogénéité; elle sera indiquée avec tous détails à cet égard.

Essais. — Les matériaux élémentaires entrant dans la fabrication du produit artificiel seront essayés conformément aux règles indiquées pour chacun.

Des essais seront faits sur les matériaux fabriqués, conformément à ce qui est dit plus haut.

Bitumes et asphaltes.

En ce qui concerne les bitumes et asphaltes, les essais sont indiqués ci-après.

ESSAIS DES ASPHALTES.

Les essais seront les suivants.

1° Essais d'homogénéité;

2° Détermination de la proportion de bitume;

3° Analyse chimique de la roche, privée de bitume.

Essais d'homogénéité. — La simple inspection des roches à l'œil fait reconnaître par la différence de nuance si le bitume est également réparti dans la roche.

Si l'échantillon est présenté en poudre, l'emploi de la loupe est recommandé pour vérifier l'homogénéité : le grossissement à employer est de 10 diamètres.

Détermination de la proportion de bitume. — Après avoir pulvérisé des échantillons prélevés en divers points de la roche à essayer et les avoir bien mêlés de façon à obtenir une poudre bien homogène, on fait sécher cette poudre avec les précautions convenables et on en prend un gramme.

On détermine la quantité de bitume contenu dans ce gramme, en le dissolvant au moyen de lavages méthodiques et successifs avec du sulfure de carbone pur, exempt de soufre et ne laissant aucun résidu par l'évaporation.

A titre de vérification on déterminera le poids de la poudre restant après lavage.

Analyse chimique de la roche, privée de bitume. — Cette analyse chimique aura lieu par les méthodes ordinaires et on s'attachera surtout à déterminer les proportions de sable, d'argile et de pyrite de fer.

Vœu. — Le Comité émet le vœu que des études soient faites sur la détermination de la finesse de la poudre et son influence sur la qualité des asphaltes.

ESSAIS DE BITUME.

Les essais particulièrement recommandés sont les suivants :

1° Perte à 100 degrés centigrades;

2° Dosage de l'argile;

3° Présence du soufre;

4° Présence du brai.

Vœu. — Le Comité émet le vœu que les essais indiqués ci-dessus et tous autres dont l'utilité serait reconnue soient faits dans des laboratoires différents et par des méthodes différentes, et que les résultats obtenus avec des méthodes différentes soient l'objet de comparaisons, afin de pouvoir fixer et uniformiser les méthodes à employer.

Digitized by Google

Bois pour pavage.

En ce qui concerne les bois employés au pavage, il y a lieu de :

1° Définir les conditions de leur provenance, au point de vue du lieu, du climat, de l'exposition, de la nature du sol, de l'âge, de l'époque d'abatage, du mode d'exploitation, etc.;

2° Spécifier les résultats des essais organoleptiques ordinairement indiqués pour le bois, savoir : bois parfaitement sains, contexture compacte et uniforme, grain fin et serré, importance de l'aubier, échauffure, carie, gerçures profondes, cadranures, gélivures, rouiures, nœuds vicieux, vermoulures, etc.

3° Déterminer :

leur densité;

leur élasticité;

leur résistance à l'usure { par frottement; par écrasement; par choc;

leur poussée et dilatation sous l'influence de l'humidité.

Vœu. — Le Comité émet le vœu que :

1° Les recherches relatives aux essais indiqués au 3° ci-dessus, et actuellement en cours, soient poursuivies, afin d'arriver à une fixation et une uniformisation des méthodes à suivre;

2° Des recherches soient entreprises au point de vue :

(*a*) De l'examen microscopique et physiologique des bois;

(*b*) De leur résistance à la pourriture, de leur facilité d'imprégnation par l'eau et les antiseptiques.

MÉTHODES D'ESSAI DES BOIS.

I. — CARACTÈRES PHYSIOLOGIQUES ET ESSAIS ORGANOLEPTIQUES.

On relatera, autant que possible, toutes les indications relatives à la provenance, à l'âge et à l'époque de l'abatage des bois, aux conditions dans lesquelles l'arbre a vécu (nature du sol, climat, genre de culture, etc.), et, s'il s'agit de petits échantillons, à la partie de l'arbre à laquelle appartient l'échantillon. L'espèce botanique du bois étudié devra être donnée avec la plus grande précision et avec l'indication du botaniste descripteur.

On procédera à un examen microscopique de copeaux ou tranches extrêmement minces, prélevés au microtome sur les bois à étudier dans les trois sens ci-après indiqués :

Section transversale perpendiculaire à l'axe de croissance;

Section tangentielle aux accroissements et parallèle à l'axe de croissance;

Section radiale passant par l'axe de croissance et un rayon de la bille perpendiculaire à cet axe.

Ces copeaux, examinés par transparence, feront ressortir les caractères physiologiques et les propriétés organoleptiques des bois.

Digitized by Google

On notera spécialement :

(*a*) Le nombre des couches annuelles, depuis le pourtour jusqu'au centre, si on est en possession d'une tranche complète de l'arbre;

Leur épaisseur maxima, minima et moyenne, leur disposition régulièrement concentrique ou excentrique, les variations de cette épaisseur;

Leur direction plus ou moins rectiligne parallèlement à l'axe de croissance, l'importance relative du bois de printemps ou du bois d'automne ou l'homogénéité plus ou moins grande du tissu ;

(*b*) L'épaisseur de l'aubier;

(*c*) Le mode de groupement et la grosseur des vaisseaux, la disposition relative des fibres, du parenchyme et des rayons médullaires, et autant que possible la proportion existant entre les diverses parties du tissu;

(*d*) Le degré d'obstruction des vaisseaux par les thylles ou matières diverses, la nature de ces matières et de celles qui incrustent ou imbibent les parois (sels calcaires ou sels minéraux divers, silice, principes huileux ou résineux, gommes, etc.);

(*e*) La qualité du bois au point de vue du travail : sa couleur, son odeur et la nature du grain, ses différents retraits dans les trois sens, longitudinal, radial et circonférentiel;

(*f*) Si l'étude chimique était entreprise, elle devrait indiquer notamment : la proportion entre la cellulose, la paracellulose et la vasculose, la quotité des cendres, les divers produits végétaux ou minéraux contenus dans les cavités des cellules et ceux qui imprègnent les parois.

II. — VICES ET TARES.

On recherchera les vices et tares (pourriture humide ou sèche, grisette et ses variétés, nœuds, cadranures, roulures, gélivures, frottures, lunure ou double aubier, entr'écorces, fibres torses, fentes et gerçures, piqûres de vers, etc.).

III. — APTITUDE À LA CONSERVATION.

Si le bois est vierge, on recherchera, par une expérience directe, quelle est son aptitude à l'injection.

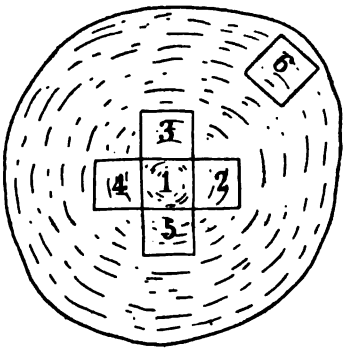
Si le bois est injecté, on examinera la nature de la préparation antiseptique qu'il a absorbée et la profondeur de l'absorption.

IV. — ESSAIS PHYSIQUES.

On procédera, suivant les procédés employés pour les pierres, à la détermination de la densité apparente, à l'état sec et à l'état d'imbibition complète, ce dernier état étant défini par la constance du poids de l'éprouvette imbibée.

(La durée de l'immersion est variable suivant la porosité du bois expérimenté.)

On mesurera également, par les mêmes procédés, le pourcentage d'humidité contenue dans l'échantillon soumis à l'examen, à l'état où il se trouve au moment de sa présentation.



V. — ESSAIS MÉCANIQUES.

Si l'on étudie des billes de bois en grume, les échantillons seront prélevés dans ces billes aux places indiquées par le schéma ci-contre; si l'on étudie des pièces déjà équarries, les échantillons seront prélevés de façon à se rapprocher le plus possible des emplacements indiqués sur ledit schéma.

Digitized by Google

A. — *Résistance à la flexion. — Module d'élasticité.*

On mesurera la résistance à la flexion et le module d'élasticité sur des éprouvettes carrées de 0 m. 10 de côté et de 1 m. 50 de longueur entre les points d'appui, chargées en leur milieu de poids régulièrement croissants.

Ces éprouvettes seront débitées à la scie, à vives arêtes, et suivant des faces rigoureusement perpendiculaires deux à deux.

L'orientation des couches annuelles par rapport à la direction de l'effort de flexion devra être soigneusement notée, cette orientation étant de nature à modifier les résultats de l'épreuve.

On devra préserver les fibres de l'éprouvette de toute morsure des couteaux ou pivots qui servent de points d'appui ou de pression, en interposant, entre elles et les couteaux ou pivots, des cales en bois suffisamment épaisses ou des cales métalliques.

L'intensité des charges doit être calculée de telle sorte que le temps total de l'épreuve, arrêtée au moment où cesse la proportionnalité entre les charges et les flèches, n'excède pas 8 à 10 minutes.

L'enregistrement des flèches sera fait au dixième de millimètre.

Le module d'élasticité E sera calculé suivant la formule usuelle

$$E = \frac{L^3}{4\,bh^3}\,\frac{P}{f},$$

où L est la distance entre les points d'appui,
P la charge au milieu,
f la flèche,
b la largeur et h la hauteur de l'éprouvette.

L'épreuve portera sur six éprouvettes au moins à l'état sec, et sur trois éprouvettes à l'état d'imbibition complète. Les épreuves à l'état sec seront faites de la façon suivante : la première éprouvette, prise au centre de l'arbre, permettra d'étudier la flexion sur des accroissements entièrement circulaires; deux éprouvettes prises près du centre seront essayées, l'une en fléchissant vers le centre, l'autre en fléchissant vers la périphérie de la tige. Deux autres, prises dans le bois parfait, seront soumises à des flexions normale et parallèle aux plans des accroissements successifs; enfin, une dernière sera prise dans l'aubier et subira une flexion perpendiculaire aux plans des accroissements.

On mesurera la résistance à la rupture par flexion en poussant l'épreuve jusqu'à la rupture, sur les mêmes éprouvettes, et en notant le poids qui aura déterminé la rupture.

B. — *Résistance à l'écrasement.*

On mesurera la résistance à l'écrasement, caractérisée par un commencement de séparation des fibres, parallèlement et perpendiculairement aux fibres, sur des éprouvettes à sections carrées de 0 m. 10 de côté et de 0 m. 15 de hauteur, débitées à la scie de façon que leurs fibres soient bien parallèles aux grandes faces, et rigoureusement perpendiculaires aux petites.

L'épreuve faite parallèlement aux fibres s'exécutera en plaçant les éprouvettes debout entre les deux plateaux d'une presse hydraulique.

L'épreuve faite perpendiculairement aux fibres s'exécutera sur trois éprouvettes placées à plat entre les deux mêmes plateaux. La première sera prise au centre de la tige, de manière à agir sur des accroissements complets; les deux autres, prélevées latéralement, seront pressées : la première vers le centre de la tige, et la seconde perpendiculairement à cette direction.

On notera la charge d'écrasement et la surface portante, dans les deux cas, et on rapportera la résistance au centimètre carré de la surface portante.

Trois éprouvettes au moins seront essayées à l'état sec, et trois à l'état d'imbibition, dans l'une et l'autre épreuve.

C. — *Résistance à la traction.*

On mesurera la résistance à la traction sur des éprouvettes rectangulaires de 0 m. 06 sur 0 m. 02 de section, et de 0 m. 30 de longueur; les têtes, à section carrée, auront 0 m. 08

Digitized by Google

de côté et 0 m. 10 de longueur. Pour les bois à croissance rapide, l'épaisseur de l'éprouvette sera portée à 0 m. 05 afin de soumettre à l'essai plusieurs accroissements successifs.

Ces têtes seront saisies entre les mâchoires d'une machine de traction ordinaire, munies de mordaches à coins pour empêcher le glissement pendant la traction.

Les éprouvettes devront être travaillées de façon à éviter autant que possible de couper les fibres.

On notera la charge de rupture par millimètre carré de la section de la partie utile, avant traction.

L'essai portera, comme les précédents, sur trois éprouvettes au moins à l'état sec, et sur trois éprouvettes à l'état d'imbibition.

D. — *Résistance au cisaillement.*

La résistance au cisaillement sera mesurée, au moyen de l'appareil employé par M. Johnson au laboratoire de Saint-Louis, sur des éprouvettes carrées de 0 m. 05 de côté et de 0 m. 20 de longueur, percées près de chacune de leurs extrémités d'une mortaise rectangulaire de 0 m. 025 de largeur; chaque mortaise est défoncée par une clavette en fer rectangulaire de même épaisseur, actionnée par une machine à traction.

Les deux joues de chaque mortaise sont maintenues contre l'écartement par une petite crampe à vis dont on règle le serrage au degré juste nécessaire pour sa tenue en place.

Les deux mortaises sont dirigées à angle droit l'une de l'autre, de façon à donner la résistance au cisaillement dans les deux sens perpendiculaires.

On notera la charge sous laquelle chacune des mortaises a été défoncée et on la rapportera à la surface de glissement sur laquelle a porté l'effort.

L'essai sera fait sur quatre éprouvettes de la façon suivante : deux seront soumises au cisaillement dans le sens perpendiculaire aux fibres, dans la première la force agira dans le plan radial et dans la seconde dans le plan perpendiculaire, les deux autres seront éprouvées au cisaillement dans le sens parallèle aux fibres, la force agira dans des plans radiaux et tangentiels aux accroissements.

E. — *Résistance à l'usure par le frottement.*

On mesurera la résistance à l'usure par le frottement, quand l'emploi des bois le comportera, au moyen de l'appareil utilisé au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées pour mesurer la résistance des pierres au même genre d'effort. Les éprouvettes, à section rectangulaire, auront 0 m. 06 sur 0 m. 04 de base et 0 m. 12 de hauteur. Elles seront placées deux par deux sur la meule tournante en fonte, saupoudrée d'émeri n° 3, chacune de leurs extrémités portant à tour de rôle sur la surface frottante, sous une charge de 250 grammes par centimètre carré. On notera l'usure après un nombre déterminé de tours de meule.

Deux éprouvettes seront essayées à l'état sec, l'une perpendiculairement et l'autre parallèlement à la direction des fibres, et deux à l'état d'imbibition complète.

F. — *Résistance au choc et autres essais mécaniques.*

L'essai de résistance au choc et divers autres essais mécaniques que l'emploi des bois pourrait rendre nécessaires n'ont pas été jusqu'à ce jour l'objet d'expériences suffisamment prolongées pour qu'il soit possible d'en fixer les règles. Dans ces diverses expériences, l'attention des expérimentateurs est attirée sur l'utilité et la nécessité qu'il y a à répéter les essais suivant différentes directions perpendiculaires entre elles.

Il est à souhaiter que ces expériences soient poursuivies dans les divers laboratoires.

Digitized by Google

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES.

CONSTITUTION DE LA COMMISSION DES MÉTHODES D'ESSAI DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

Pages.

Rapport du Ministre des Travaux publics au Président de la République française. 5
Décret instituant la Commission (9 novembre 1891). 9
Décret constituant les bureaux des deux sections de la Commission (26 décembre 1891). 11
Composition de la Commission au 8 juin 1900. 13

DISCOURS PRONONCÉS À LA SÉANCE DE CLÔTURE DES TRAVAUX DE LA DEUXIÈME SESSION.

Discours prononcé par M. Alfred Picard, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Directeur honoraire des Ponts et Chaussées, des Mines et des Chemins de fer, Président de Section au Conseil d'État, Commissaire général de l'Exposition universelle de 1900, Président de la Commission. 19
Discours prononcé par M. le général Gras, Général de division, Président du Comité technique de l'Artillerie, Président de la Section A. 25
Discours prononcé par M. Haton de la Goupillère, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, Vice-Président de la Commission, Président de la Commission d'organisation du Congrès des méthodes d'essai des matériaux de construction de l'Exposition de 1900. 31

RAPPORT GÉNÉRAL.

INTRODUCTION. 39

SECTION A.

Méthodes d'essai des métaux. 41
1° Essais physiques. 43
2° Essais chimiques. 44
3° Essais mécaniques. 44
Études théoriques. 44
Recherches expérimentales. 48
Essais à la traction. 49
Essais de poinçonnage. 49
Essais de dureté. 50

Digitized by Google

Pages.

Essais de certaines pièces finies 50
Essais composés 50
Essais d'homogénéité 51

SECTION B.

Essais des agglomérants (ciments, chaux, plâtre, etc.) 57
Essais des pierres de construction naturelles 60
Essais des pierres artificielles 60
Hygroscopicité des pierres 60
Perméabilité des matériaux de construction 60
Essais des schistes ardoisiers pour couvertures 61
Essais des produits céramiques 61
Essais des matériaux employés à la construction des chaussées 61
Essais des bois 62

SECTIONS A ET B.

Application des méthodes d'essai aux bois d'œuvre et à certains produits secondaires des matériaux de construction 63
Bois d'œuvre 63
Produits secondaires des matériaux de construction proprement dits 65

CONCLUSIONS ADOPTÉES.

Méthodes d'essai des pierres de construction naturelles (pierres proprement dites, schistes, etc.) 67
Méthodes d'essai des pierres artificielles 70
Méthodes d'essai des schistes ardoisiers pour couvertures 71
Méthodes d'essai des produits céramiques 73
Méthodes d'essai des matériaux employés à la construction des chaussées 79
Méthodes d'essai des bois 81

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google